

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Rok 2013

Martin Válek

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Havarijní zálohování uzlu Nový Jičín, Odry**  
**v případě ztráty napájení ze strany 110kV**

Emergency Supply of Nový Jičín, Odry Distribution Point  
in Case of 110 kV Feeder Outage

Rok 2013

Martin Válek

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Válek**  
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**  
Studijní obor: **3907R001 Elektroenergetika**  
Téma: **Havarijní zálohování uzlu Nový Jičín, Odry v případě ztráty napájení ze strany 110kV**  
**Emergency Supply of Nový Jičín, Odry Distribution Point in Case of 110 kV Feeder Outage**

Zásady pro vypracování:

V bakalářské práci zpracujte následující problematiku:

- o Druhy rozvodných sítí.
- o Statická a dynamická stabilita.
- o Platná legislativa z oblasti stability soustavy.
- o Výpočet chodu sítě v náhradním zapojení
- o Kontrola nastavení ochran v případě havarijního zapojení
- o Možnosti odlehčení sítě na jiné uzly 110/22kV
- o Vliv rozptýlené výroby v síti 22kV v době havarijního stavu
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- o Hradílek Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí, skripta VŠB-TU Ostrava 2008
- o Krejčí P.: Cvičení z elektroenergetiky, skripta VŠB-TU Ostrava 2003
- o Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, VŠB Ostrava 1993
- o Tlustý, J. a kol.: Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav, ČVUT Praha 2011, ISBN 978-80-01-04940-2
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

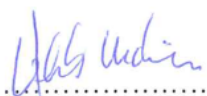
  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

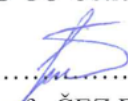
Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7. 5. 2013

  
.....  
Martin Válek

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě dne 7. 5. 2013

  
.....  
Zástupce fy ČEZ Distribuce, a.s.  
Ing. Jiří Šoltys

## Poděkování

Chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vytvoření této práce. Poděkování patří i mé rodině, za poskytnutý prostor ke studiu při zaměstnání.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje možnosti napájení rozvoden Nový Jičín a Odry po distribučním vedení 22kV v případě ztráty napájení těchto rozvoden ze strany 110kV. Jsou zde popsány požadavky na kvalitu dodávek elektrické energie jak denního provozu, tak i případech havarijního stavu. Výsledkem této práce je posouzení napěťových poměrů v síti a posouzení proudového zatížení vedení.

## Klíčová slova

Rozvodna, distribuční soustava, elektrická vedení VN, elektrická zařízení, obnovitelný zdroj energie.

## Abstract

This thesis describes the possibility of power substations Nový Jičín and Odry on the 22kV distribution lines in the event of loss of power from the 110kV substation. Are described requirements on quality of electricity supply in the daily operation as well as cases of accidents. Result of this thesis is evaluation of voltage conditions and conductor overload.

## Key words

Substation, electricity distribution, power lines H-V, electrical equipment, renewable energy source.

## Názvosloví – krátké definice vybraných odborných pojmů

DS	distribuční soustava
ES	elektrizační soustava
FVE	fotovoltaická elektrárna
$I_{\text{dov}}$	maximální proud zatížení vodiče [A]
$I_{\text{vyp}}$	vypínací proud nadproudové ochrany [A]
KGJ	kogenerační jednotka
Mikrodispečink	řídící systém rozvoden
N-1	schopnost DS udržet parametry normálního stavu po výpadku jednoho prvku v síti 110 kV nebo stanici 110 kV/vn (vedení, transformátor), přičemž může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení nebo přerušení spotřeb
$P_i$	instalovaný výkon [W]
PPC	Point of Common Coupling - bod , ke kterému jsou spotřebitelé připojeni (předávací místo)
PPDS	pravidla provozu distribuční soustavy
PPPS	pravidla provozu přenosové soustavy
PS	přenosová soustava
R	před písmenným názvem znamená Rozvodna
RIS	dispečerský řídící systém
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
$\Delta U_{\text{min}}$	minimální úbytek napětí [V]
$U_f$	napětí fázové – mezi fázovým vodičem a zemí [V]
$U_s$	napětí sdružené – mezi dvěma fázemi [V]
VTE	větrná elektrárna
mn	malé napětí
nn	nízké napětí
uvn	ultra vysoké napětí

vvv    velmi vysoké napětí

zv    zvlášť vysoké napětí

Zkratky názvů rozvodů:

KLT    rozvodna Kletné

NOJI    rozvodna Nový Jičín

ODRY    rozvodna Odry

PRIR    rozvodna Příbor

SDCD    rozvodna ČD Suchdol

STCD    rozvodna Studénka

VITK    rozvodna Vítkov



# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Druhy rozvodných sítí .....</b>	<b>2</b>
2.1 Zapojení sítí.....	5
2.2 Poslání (účel) soustavy.....	8
<b>3 Statická a dynamická stabilita .....</b>	<b>14</b>
3.1 Statická stabilita .....	15
3.2 Dynamická stabilita.....	15
<b>4 Platná legislativa z oblasti stability soustavy .....</b>	<b>18</b>
4.1 Vybrané normy .....	18
4.2 Zajištění stability přenosu .....	19
4.3 Systémové a podpůrné služby DS .....	19
4.4 Podpůrné služby DS .....	20
<b>5 Možnosti odlehčení sítě na jiné uzly 110/22kV .....</b>	<b>26</b>
5.1 Odlehčení rozvodny Odry .....	27
5.2 Odlehčení rozvodny Nový Jičín .....	29
<b>6 Výpočet chodu sítě v náhradním zapojení.....</b>	<b>32</b>
6.1 Úbytky napětí .....	33
6.2 Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV .....	34
6.3 Úbytky napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV .....	36
<b>7 Kontrola nastavení ochran v případě havarijního zapojení .....</b>	<b>38</b>
7.1 Havarijní napájení R Odry .....	38
7.2 Havarijní napájení R Nový Jičín .....	40
<b>8 Vliv rozptýlené výroby v síti 22kV v době havarijního stavu .....</b>	<b>42</b>
8.1 Vodní elektrárny.....	42

8.2 Větrné elektrárny .....	42
8.3 Fotovoltaické elektrárny .....	43
8.4 Kogenerační jednotky .....	44
8.5 Rozptýlená výroba v síti 22kV v době havarijního stavu .....	44
<b>9 Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>47</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>48</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>49</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>50</b>

# 1 Úvod

Každý vlastník i uživatel elektrického zařízení chce, aby zařízení, které užívá, pracovalo bezchybně, bezporuchově a bezpečně. Zvláště, jedná-li se o zařízení, které je zřizováno a provozováno ve veřejném zájmu, tak jak je tomu u zařízení provozovatelů distribučních soustav. Zařízení distribuční soustavy vyžaduje neustálý dohled na kvalitu dodávek elektrické energie. Pro zákazníka je důležité, aby nebyl omezován na svých právech a v co nejmenší možné míře nepoznal náročnost jednotlivých úkonů distributora elektrické energie. Jedním z úkolů distributora je obnovit dodávku elektrické energie odběrateli co v nejkratší době, ať už bylo přerušení dodávky elektrické energie způsobeno plánovaně, z důvodu prací v blízkosti nebo na elektrickém zařízení, nebo neplánovaně, z důvodu poruchy elektrického zařízení. I rozvodny elektrické energie, kde se transformuje napětí ze 110kV na 22kV mohou být bez přívodního napájení, například z důvodu poruchy distribučního vedení 110kV nebo poruch transformátorů 110/22kV, aj. Na tuhle možnost poruch by měl být distributor připraven a v záloze mít variantu napájení distribučních vedení 22kV z okolních rozvodů. Tato práce popisuje druhy rozvodných sítí a jejich způsob zapojení. Dále je zde poukázáno na platnou legislativu z oblasti kvality dodávek elektrické energie popsána stabilita soustavy. V práci je zpracován havarijní návrh provozování rozvodny Nový Jičín a rozvodny Odry jen po vedení 22kV.

Práce byla konzultována s odborníky z odboru Řízení sítí společnosti ČEZ Distribuce, a.s.

## 2 Druhy rozvodných sítí

Rozvodnou síť můžeme chápat jako soustavu kabelů, vodičů vedoucí elektřinu venkovním i podzemním vedením. Třídít a rozdělovat sítě můžeme podle mnoha parametrů. Např.:

- druh proudu,
- velikost napětí,
- písmenné označení sítí,
- zapojení sítí,
- způsob kladení vedení,
- posláním soustavy (účelu),
- aj.

### Druh proudu

Dle druhu proudu můžeme sítě dělit na elektrické střídavé napětí a elektrický střídavý proud, který se v technické dokumentaci značí anglickou zkratkou AC (alternating current), což je v překladu střídavý proud a na elektrické stejnosměrné napětí a elektrický stejnosměrný proud, označován v technické dokumentaci anglickou zkratkou DC (direct current), což je v překladu stejnosměrný proud. Pro potřeby přenosu a distribuce elektrické energie se budu dále zabývat jen rozvodem střídavého napětí [7].

### Velikost napětí

Elektrotechnické normy a předpisy dělí elektrické napětí podle velikosti do následujících napěťových stupňů:

- malé napětí, značka mn, do 50 V,
- nízké napětí, značka nn, 50 V až 1000 V,
- vysoké napětí, vn, 1000 V až 52 kV,
- velmi vysoké napětí, vvn 52 kV až 399 kV,
- zvláště vysoké napětí, zvn 400 kV až 800 kV,
- ultra vysoké napětí, uvn více než 800 kV.

Z uvedených rozsahů se v ČR používají napětí v rozvodných soustavách:

- 0,4 kV - distribuční soustava (to je 400 V sdružené a odpovídající 230 V fázové),
- 22, 35 kV - distribuční soustava,
- 110 kV - distribuční soustava i přenosová soustava,
- 220 kV - přenosová soustava,
- 400 kV - přenosová soustava.

### **Písmenné označení sítí**

Dle způsobu provedení a použitelnost některých druhů ochran před úrazem el. proudem rozdělujeme, zda je zdroj sítě od země izolován, či je některý z vodičů soustavy (zpravidla uzel) uzemněn. Proto jsou pro označování sítí zavedené písmenné označení - zkratky.

Stanovená označení druhu sítí mají tento význam:

a) První písmeno - vyjadřuje vztah sítě a uzemnění:

- **T** - bezprostřední uzemnění určitého bodu obvodu pracovního proudu, zpravidla uzlu (nulového bodu),
- **I** - izolace všech živých vodičů vůči zemi nebo spojení bodu sítě se zemí přes velkou impedanci.

b) Druhé písmeno - vztah neživých částí v rozvodu a uzemnění:

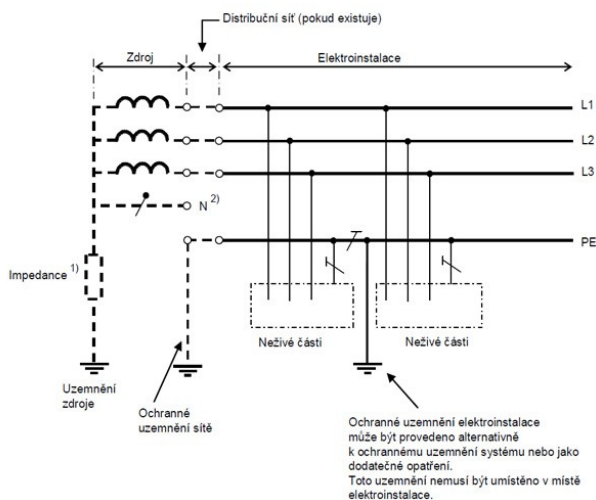
- **N** - přímé spojení neživých částí s uzemněným bodem sítě,
- **T** - přímé spojení neživých částí se zemí.

c) Třetí písmeno - pokud existuje, vyjadřuje uspořádání středních vodičů:

- **C** - funkce středního a ochranného vodiče je sloučena v jediném vodiči PEN,
- **S** - funkce ochranného vodiče je zajišťována vodičem vedeným odděleně od středního vodiče.

**TT** síť má jediný bod přímo uzemněný a neživé části jsou uzemněny nezávisle na přenosovou nebo distribuční síť.

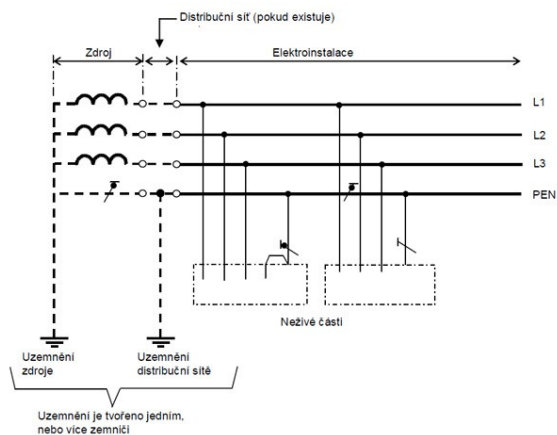
Sít' **IT** má všechny živé části izolované od země, nebo má jeden bod uzemněný přes impedanci. Neživé části elektroinstalace jsou uzemněny jednotlivě nebo skupinově.



Obr. 2-1: Schéma sítě IT

Napájecí **TN** sítě mají jeden bod přímo uzemněný u zdroje, neživé části elektroinstalace jsou připojeny k tomuto bodu ochrannými vodiči. Rozlišují se tři typy sítě TN dle uspořádání nulových a ochranných vodičů:

- TN-S síť, ve které je užíván oddělený ochranný vodič,
- TN-C-S pro část sítě je společný ochranný a nulový vodič,
- TN-C síť, ve které je společný ochranný a nulový vodič.



Obr. 2-2: Schéma sítě TN-C

## **Způsob kladení vedení**

Podle druhu kladení elektrického vedení rozlišujeme kabelová a venkovní vedení. Venkovní vedení je energetické zařízení pro přenos elektrické energie, u kterého je ochrana před nebezpečným dotykem živých částí řešena polohou [10]. Základními prvky venkovního vedení jsou podpěrné body vč. zemních částí, konzoly a armatury, izolační prvky a vodiče. Součástí venkovního vedení jsou rovněž rozpojovací prvky, ochranná zařízení, uzemnění apod.

Kabelovou sítí se rozumí rozvody provedené kabely uloženými v zemi.



*Obr. 2-3: Ukázka kabelového vedení*



*Obr. 2-4: Ukázka venkovního vedení*

## **2.1 Zapojení sítí**

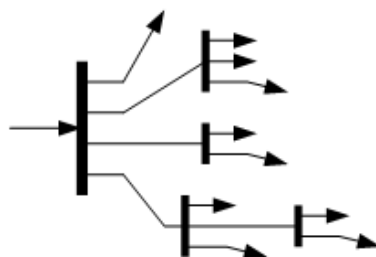
Správné plnění funkcí elektrického rozvodného systému je dáno vhodnou volbou zapojení rozvodné sítě ve všech použitých napěťových hladinách. Na struktuře této sítě závisí rozdělení výkonů, velikosti zkratových proudů, úbytky napětí apod. Jsou jí určeny hlavní parametry použitých rozvodných zařízení a jejich vybavení jak v silových obvodech, tak i pokud jde o ovládání, měření a jištění.

Základní druhy rozvodných sítí jsou:

- paprsková síť,
- průběžná síť,
- okružní (smyčková) síť,
- hřebenová síť,
- mřížová síť.

### **Paprsková síť**

U této sítě vycházející vedení (paprsek) z napájecího místa a zásobuje jednotlivé spotřebitele. Nelze jej vzájemně spojit s jiným vedením (paprskem). Používá se v oblastech s běžnými nároky na spolehlivost. V případě poruchy na nebo před paprskem, dochází k přerušení dodávky el. energie minimálně po dobu nutnou k zajištění náhradního napájení, nebo opravy poruchy.



*Obr. 2-5: Schéma paprskové sítě*

### **Průběžná síť**

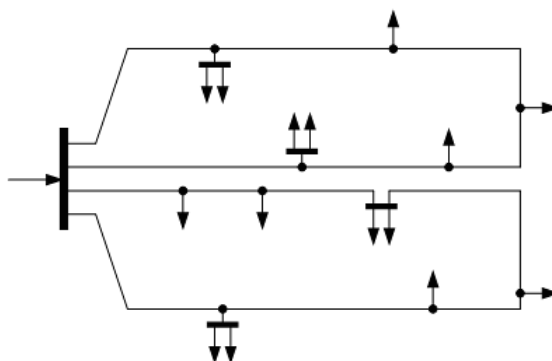
Průběžné vedení se používá např. v průmyslových rozvodech pro napájení spotřebičů s velkými příkony se stálým provozem. Protože délky průběžných vedení mohou být značně velké, je důležitá kontrola úbytku napětí na délce vedení. Provozní spolehlivost průběžného rozvodu je stejná jako u paprskové sítě.

### **Okružní (smyčková) síť**

Oproti rozvodu průběžnému vzniká výhoda lepšího proudového využití rozvodu. Výhoda je i v napájení spotřebičů v obvodu ze dvou stran v případě poruchy. Může být tvořena jedním nebo více napájecími. Je tvořena vedením, řešeným jako okružní vedení a provozuje se obvykle v určeném místě jako rozepnuté. Vedení musí být dimenzováno na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Velkou výhodou je možnost napájení spotřebičů jednoho okruhu ze dvou stran, čímž se zvyšuje spolehlivost



dodávky elektrické energie. V případě poruchy vedení dochází k přerušení dodávky el. energie po dobu vyhledání poruchy a zajištění náhradního napájení.



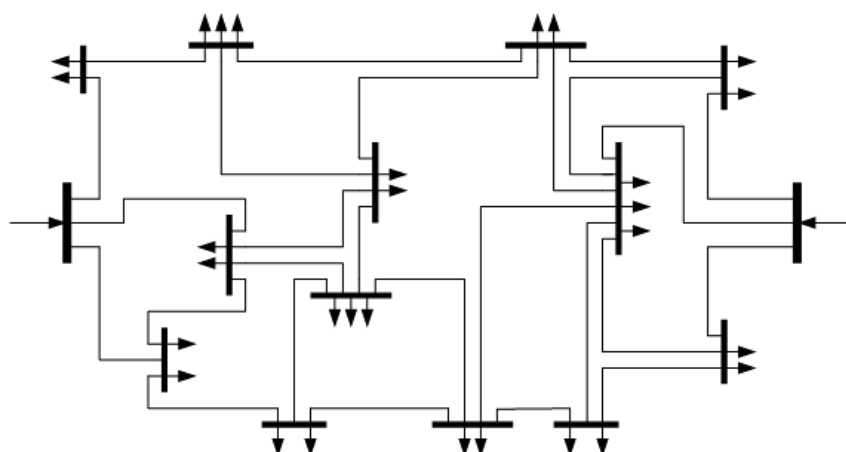
Obr. 2-6: Schéma okružní sítě

### **Hřebenová síť**

Tento druh rozvodu je vytvořen jako rozvod několika paprsky, které jsou na konci navzájem propojeny v místě soustředěné spotřeby. Přitom paprsky mohou mít ještě odbočky pro napájení jednotlivých bližších spotřebičů. Hřebenový rozvod se velmi blíží okružnímu rozvodu a jeho vlastnosti i použití jsou podobné.

### **Mřížová síť**

Mřížová síť je vytvořena alespoň dvěma napájecími místy s hlavními rozvaděči a hustější sítí vzájemně propojených podružných rozvaděčů. Tak vzniká rozvod, ve kterém jsou jednotlivé podružné rozvaděče napájeny nejméně ze dvou či více směrů. Přitom některé uzlové rozvaděče mohou propojovat větší počet paprsků. Tento druh rozvodu může pokrývat i velké plochy s četnými odběry elektrické energie a je tedy vhodný pro napájení husté městské zástavby nebo objektů velkých a rozsáhlých průmyslových závodů. Mřížový rozvod má pro svou variabilitu napájecích cest vysokou provozní spolehlivost, podmíněnou ovšem vysokými pořizovacími náklady a menší využitelností spojovacích cest. Bývá obvyklé, že mřížová síť je vytvořena kabely jednotného průřezu, což umožňuje větší množství alternativ provozu, avšak s menším využitím průřezů kabelů.

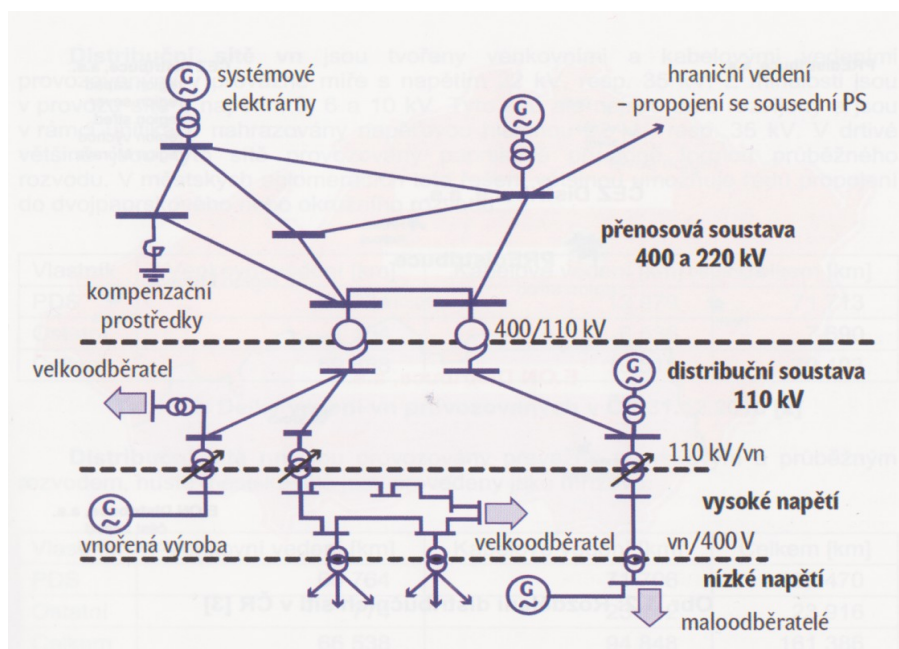


Obr. 2-7: Schéma mřížové sítě

Další druhy rozvodných sítí lze získat kombinací uvedených druhů nebo jejich zdvojením. Tak získáme např. často používanou síť dvoupaprskovou.

## 2.2 Poslání (účel) soustavy

Dle účelu využití rozdělujeme soustavu na přenosovou a distribuční elektrickou síť. Z toho vyplývá i pojem Elektrizační soustava (ES) [4]. „ES je soustavou vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek, přímých vedení, a systémy měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky, a to na území České republiky.“



Obr. 2-8: Uspořádání elektrizační soustavy

## **Přenosová soustava**

Základem elektrizační soustavy je přenosová (nadřazená) soustava. Tu tvoří síť o napětí 400 a 220 kV a vybraná vedení sítě 110 kV. Tato síť je propojena se soustavami sousedních států pomocí hraničních vedení. Do přenosové soustavy je vyveden výkon velkých systémových elektráren a tím se zajišťuje přenos elektrické energie od výrobců k odběratelům, myšleno přenos ve velkých měřících, od velkých zdrojů k velkým rozvodnám. Zajišťuje přenosy elektrické energie na velké vzdálenosti a ve velkých objemech. Svým uspořádáním rozvodu je přenosová soustava provozována okružním rozvodem u napěťové hladiny 400 a 220 kV a u hladiny 110 kV se používá rozvod okružní nebo paprskový. Jedním z důležitých technicko-ekonomických ukazatelů provozování sítě je způsob spojení uzlu vinutí transformátorů se zemí. Způsob spojení uzlu (nulového bodu soustavy) má především vliv na chování sítě při vodivém spojení fáze se zemí. Ovlivňuje to velikost poruchového proudu a velikost napětí mezi fázovým vodičem a zemí. V přenosové soustavě je spojení uzlu transformátoru spojeno se zemí – tzv. účinně uzemněno. Způsob dimenzování a chránění v soustavě je dán velikostí proudu a napětí mezi fází a zemí nám určuje nároky na izolaci. Při souměrném chodu sítě zemí neteče proud. Fázové napětí je mezi fází a uzlem transformátoru a sdružené napětí je mezi fázemi.

Přenosovou soustavu tvoří především soustava dlouhých nadzemních vedení velmi vysokého napětí a pak kabely, transformátory, odpojovače, vypínače, bleskojistky, kompenzační prvky a systémy řízení a regulace sítě. Cílem řízení sítě je udržení konstantních standardních parametrů dodávané energie (především dodržení jmenovité frekvence sítě, což je v Evropě 50 Hz, a jmenovitého napětí) a samozřejmě nepřerušovaná dodávka energie. Přenosovou soustavu v České republice provozuje státní společnost ČEPS, a. s., která zajišťuje regulaci soustavy jednak vlastními prostředky, a také dálkovým ovládáním výkonu dobře regulovatelných zdrojů, jako jsou vodní a přečerpávací elektrárny.

Na výstupu z přenosové soustavy v předávacích místech (transformovnách) jsou zařazeny snižující transformátory, dodávající elektřinu do distribuční sítě

## **Distribuční soustava**

Zákon 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, §2, odstavec 2, písmeno a): „*distribuční soustava je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o napětí 110 kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení o napětí 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy, a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV nebo 35 kV sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí,*

*zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky včetně elektrických přípojek ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy; distribuční soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.*“

### **Distribuční síť vvn**

Distribuční síť vvn tvoří základ distribuční soustavy. Jsou tvořeny venkovními případně kabelovými rozvody s provozním jmenovitým napětím 110 kV. Síť zajišťují tranzit elektřiny z uzlových transformoven zvn/vvn a vvn/vvn do transformoven vvn/vn. Do sítí 110 kV je vyveden výkon z mnoha elektráren o výkonech desítek MW. Provoz sítí je prováděn převážně okružním zapojení a tomu odpovídá i způsob jištění distančními ochranami. Nízká četnost poruch, vysoká spolehlivost provozu i díky správnému působení ochranných systémů, to vše je charakteristické pro distribuční síť 110 kV. Nejčastěji se k distribuci používá venkovní vedení a to dvě vedení na jednom stožáru, ale používají se vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.

### **Distribuční síť vn**

Distribuční síť vn jsou tvořeny venkovními a kabelovými rozvody s provozním jmenovitým napětím 22 kV nebo 35 kV. V provozu jsou i sítě s nižším napětím 3, 6 nebo 10 kV. Tyto sítě jsou postupně v rámci možnosti distributora nahrazovány napěťovou hladinou 22 kV případně 35 kV. Provoz sítí vn je převážně paprskový, průběžný a okružní. Ve městech a převážně provoz kabelových sítí, který umožňuje řadu propojení, se využívá okružního rozvodu.

**Venkovní vedení vn** tvoří základní síť rozvodu distributora mezi jednotlivými sídelními aglomeracemi, napájí kabelových sítí v těchto oblastech, propojovací vedení mezi rozvodnami vvn/vn, a napájecí vedení pro jednotlivé distribuční a odběratelské trafostanice vn/nn.

Venkovní vedení vn začíná zpravidla na průchodkách zděných rozvoden vvn/vn a spínacích stanic vn, případně na kabelových koncokách kabelových vývodů z těchto zařízení a končí na průchodkách zděných transformačních stanic, kotevních řetězcích stožárových transformačních stanic nebo na koncokách kabelových svodů do kabelových sítí, případně transformačních stanic.

### **Zapojení venkovních vedení vn:**

Okružní vedení – jsou části sítě, kde venkovní vedení vn lze napájet z obou stran a tím je umožněno v případě výpadku nebo poruše na vedení umožnit záložní napájení připojených odboček a přípojek. Dle účelu okružní vedení dělíme:

Paprsková vedení - z hlavního nebo propojovacího vedení jsou provedeny vývody k transformačním stanicím, které nejsou již dále ve venkovní síti propojeny. U takto postaveného

vedení není možné při jeho poruše zajistit náhradní napájení odběrného místa jiným vedením. Z hlediska účelu je možno paprsková vedení dále dělit na odbočky a přípojky.

Hlavní vedení – vedení,[10] vycházející ze zdroje napájení sítě vn, (většinou transformovny vvn/vn), končící ve zdroji napájení. Tato vedení mohou sloužit i pro dočasný přenos náhradního výkonu v případě odstávky transformovny vvn/vn. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při dimenzování těchto vedení.

Propojovací vedení (propojka) – úsek vedení vn, jehož začátek i konec je vytvořen odbočením z hlavního vedení. Rozdílem mezi propojkou a hlavním vedením je to, že po propojce se neprovádí záložní napájení hlavního vedení. Je zde i rozdíl v dimenzování vodičů než u hlavního vedení.

Odbočky – vedení, která začínají odbočením z hlavního nebo propojovacího vedení, napájí několik přípojek transformačních stanic a končí rozbočením mezi dvěma nejvzdálenějšími trafostanicemi.

Přípojky – část vedení, která začínají odbočením z hlavního vedení, propojky nebo odbočky a končí v jedné transformační stanici. Vybudováním další trafostanice se může část původní přípojky změnit na odbočku.

Síť venkovního vedení vn je ve skutečnosti tvořena kombinací uvedených typů vedení.

Venkovní vedení vn jsou provozována jako jednoduchá, dvojitá (dvojvedení), případně vícenásobná na společných podpěrných bodech. Ve zdůvodněných případech se připouští souběhy vedení 110 kV a vn nebo vedení vn a nn na společných podpěrných bodech, pokud jsou vedení v majetku jednoho distributora.

Pro venkovní vedení vn se používají holé vodiče, jednoduché izolované vodiče a slané závěsné kabely.

Holé vodiče - základním typem vodiče ve venkovních sítích vn, se standardně používají lana AlFe - slané hliníkové s nosnou ocelovou duší

Jednoduché izolované vodiče vn jsou komprimovaná lana, slaná z drátů z hliníkové slitiny, opatřená jednoduchou izolací. Tato izolace je pouze základní, a proto jsou vedení s těmito vodiči považována z hlediska ochrany před nebezpečným dotykem živých částí za vedení bez ochrany.

Venkovní vedení s izolovanými vodiči se proto konstruují obdobně jako vedení s vodiči holými, pouze mezifázová vzdálenost vodičů a ochranné pásmo vedení od krajního vodiče je menší.

Používají se v místech se zvýšeným nebezpečím pádu stromů do vedení, umožňují kácení zúžených lesních průseků a do míst, kde je požadavek na zúžení ochranného pásma.

Slaněné závěsné kabely vn jsou svazkované třížilové závěsné kabely s plnou izolací a stíněním, zavěšené pomocí nosného ocelového pozinkovaného lana. Nevyžadují další izolaci.

Jejich využití je především v místech, kde nelze z technických, ekologických, prostorových nebo jiných důvodů použít zemní kabel. Také pro dočasné a havarijní odběry a výjimečně při průchodu venkovního vedení v blízkosti jiných objektů nebo zalesněným prostorem.

**Kabelová síť vn** je druh rozvodů vysokonapětovými kabely uloženými v zemi. Kabelová síť začíná vývodem z rozvodny vn, nebo svodem z venkovního vedení vn a končí v koncové trafostanici či vývodem na venkovní vedení.

Obdobně jako u sítí venkovních, se síť kabelové provozují v paprskovém, nebo smyčkovém zapojení.

Paprskovou síť nelze vzájemně spojit s jiným kabelovým vedením (paprskem). Používá se v oblastech s běžnými nároky na spolehlivost. V případě poruchy distribučního vedení vn nebo trafostanice dochází k přerušení dodávky el. energie minimálně po dobu nutnou k zajištění náhradního napájení.

Smyčkovou (okružní) síť je tvořena jedním rozvodným distribučním vedením, řešeným jako jedno okružní vedení, které může napájet určitý počet trafostanic. Vychází z jedné rozvodny vn a je zaústěno do jedné nebo dvou spínacích stanic, nebo do výchozí či druhé rozvodny vn. Vedení musí být dimenzováno na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Provozuje se obvykle jako rozepnutá. V případě poruchy distribučního vedení vn je možné poruchové místo vymezit a napájet zbytek sítě z druhé strany vedení.

### **Typy vn kabelů**

Dělení vysokonapětových kabelů s izolací ze zesíťovaného polyetylénu:

- z hlediska opláštění kabelu:
  - jednoplášťový kabel,
  - dvouplášťový kabel,
- z hlediska bariéry proti vniknutí vody:
  - standardní bariéra pod pláštěm – je vždy obsažena v každém provedení kabelu,
  - přídatná bariéra v jádře kabelu – zvýšená ochrana proti podélnému vniknutí vody,
  - vodotěsné provedení kabelu – zvýšená ochrana proti vniknutí tlakové vody.

Ukládání zemních kabelů musí mezi jiným odpovídat ČSN 33 2000-5-52 a jejich prostorové uspořádání dle ČSN 73 6005. Kabely nesmí být kladeny v půdách obsahujících soli a kyseliny, v půdách s hnojivými látkami a v některých půdách písčitých a kamenitých. V takovém případě se kabely uloží do kanálů, tunelů, trub, tvárnic nebo se jinak chrání před mechanickým a chemickým působením. Jednožilové kabely se ukládají do trojúhelníkové nebo ploché formace. Přednostně se používá plochá formace, kabely mají menší tepelnou degradaci izolace v případě průrazu a menší možnost přechodu zemního spojení na dvou nebo třífázový zkrat.

**Distribuční sítě** nn se provozují paprskovitě, okružním nebo mřížovým zapojením viz kapitola 2.1.

### 3 Statická a dynamická stabilita

Termín stabilita se používá v mnoha oblastech, a tedy i technických. V technických oborech se stabilita systému kontroluje při návrhu systému. Důležitým momentem je správné a reálné stanovení kritérií stability systému, tzn. při jakých odchylkách od rovnovážného stavu se musí systém do rovnovážného stavu vrátit. Pro jejich návrh je nezbytné systém správně modelovat, testovat a výsledky testů správně interpretovat.[14]

Zatímco je poměrně snadné zjistit, jak byla elektrizační soustava spolehlivá v minulosti, je obtížné předvídat, jak bude náchylná k výpadkům v budoucnosti. V souvislosti se stabilitou elektrizační sítě používáme také netechnické termíny přiměřenost a bezpečnost. Přiměřeností rozumíme skutečnost, že soustava má dostatečné rezervy jak ve zdrojích, tak v přenosových linkách, aby se vyrovnala s projektovanými potřebami odběratelů a také s nepředvídatelnými událostmi.

Nepředvídatelnými událostmi mohou být rozsáhlé výpadky zdrojů a vedení způsobené vlivem počasí, cizím zásahem (např. nedodržením pracovních postupů, teroristickými útoky apod.). Předvídatelné události jsou ty, které jsou v průběhu rozvoje, přípravy provozu a v reálném čase kontrolovány (výpadek jednoho vedení, výpadek bloku atd.).

V kodexu přenosové soustavy [2] je definována stabilita provozu, jako schopnost soustavy udržet rovnovážný stav během normálního provozu i po přechodných dějích způsobených vnějšími vlivy, dispečerským řízením i poruchovými výpadky zařízení a jinými rozruchy.

Pod pojmem rozruch si můžeme představit:

- změny provozního charakteru, např. v odebíraném nebo dodávaném výkonu, plánované změny topologie sítě (např. vypínáním nebo zapínáním vedení kvůli nutné údržbě),
- poruchy zařízení působené skrytými vadami nebo zrychleným stárnutím,
- poruchy způsobené klimatickými vlivy, jako jsou údery blesku, silný vítr, vysoká teplota atd.,
- poruchy způsobené lidským faktorem.

Jelikož elektrizační soustava představuje složitý systém, který je vystaven neustálým změnám zvenčí i zevnitř, je při zkoumání odolnosti soustavy užitečné rozdělit stabilitu na několik dílčích problémů. To při analýze umožňuje určité zjednodušení pro reprezentaci soustavy a pro využití odpovídajících analytických metod.



Úhlová stabilita souvisí s pohybem rotorů synchronních strojů, které se nejvíce používají jako zdroje pro výrobu elektřiny. Vztahuje se tedy na schopnost synchronních strojů zůstat po nějakém rozruchu v synchronním provozu se zbytkem propojené soustavy. Tato schopnost souvisí se schopností udržet rovnováhu mezi elektrickým momentem generátoru a mechanickým momentem poháněcího stroje, kterým bývá nejčastěji turbína. Úhlová stabilita se tedy týká elektromechanických přechodných dějů.

Úhlovou stabilitu můžeme dále rozdělit na stabilitu malých kyvů a přechodnou stabilitu.

Pro rozlišení obou typů úhlové stability je rozhodující, jaké prostředky se mohou použít pro její analýzu. Zda děje můžeme považovat ještě za lineární (použití matematických řešení soustavy lineárních diferenciálních rovnic), anebo jsou děje již nelineární. Nelineární soustava nemá analytické řešení, pro vyšetření přechodné (dynamické) stability se většinou používají síťové simulátory, které spočítají časové průběhy fyzikálních veličin.

V obou případech úhlové stability jde o krátkodobé děje, které za normálních podmínek stačí vyšetřovat do 10 sekund od rozruchu. Napěťová a frekvenční stabilita souvisí se schopností soustavy udržet stabilní napětí a frekvenci po rozruchu z daného výchozího stavu.

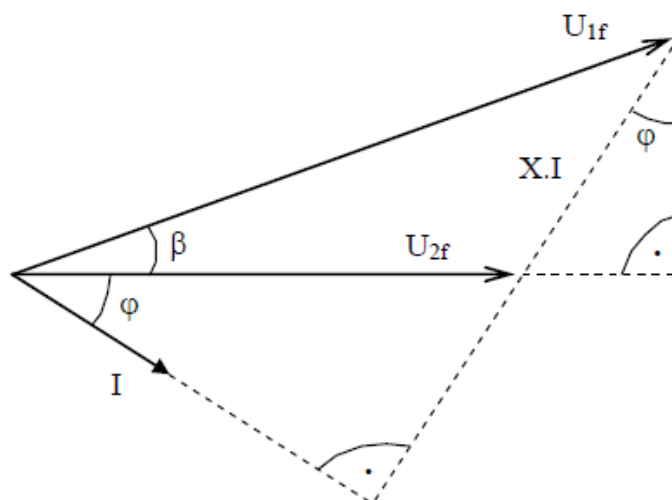
### **3.1 Statická stabilita**

Statická stabilita je schopnost elektrizační soustavy udržet se v synchronním chodu s jinou soustavou při pomalu rostoucím činném výkonu až do meze statické stability.

Stabilita tedy limituje délku vedení a přenášený výkon mezi dvěma soustavami. Řeší se pouze u soustav vvn, zanedbávají se činné odpory, uvažují se pouze reaktance prvků.

### **3.2 Dynamická stabilita**

Dynamická stabilita je schopnost elektrizační soustavy přejít znovu do synchronního chodu s jinou soustavou po přechodném ději (vypnutí vedení, zkrat, atd.).



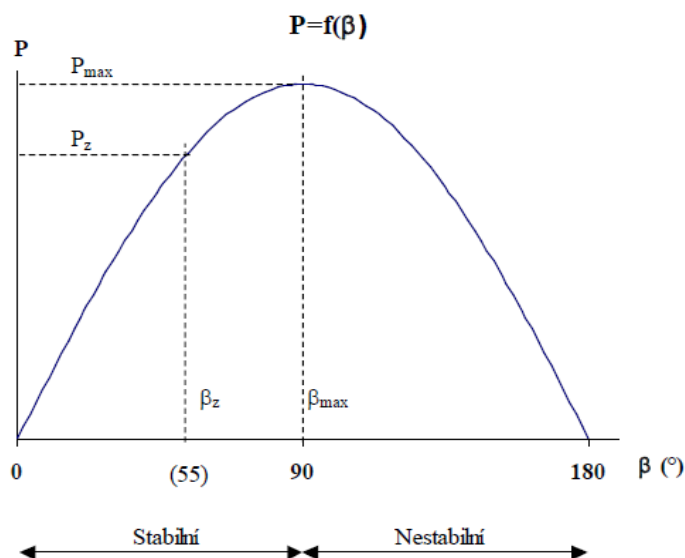
Obr. 3-1: Fázorový diagram mezi dvěma soustavami

Přenášený výkon  $P = 3 \cdot U_{2f} \cdot I \cdot \cos \varphi$

Z fázorového diagramu  $X \cdot I \cdot \cos \varphi = U_{1f} \cdot \sin \beta$

Po dosazení dostaneme  $P = \frac{3 \cdot U_{f1} \cdot U_{f2}}{X} \cdot \sin \beta$   $P = \frac{U_1 \cdot U_2}{X} \cdot \sin \beta$

Zátěžný úhel  $\beta = \arctg \frac{I \cdot X \cdot \cos \varphi}{U_2 + I \cdot X \cdot \sin \varphi}$



Obr. 3-2: Stabilita soustavy

Soustava je staticky stabilní, pokud  $0^\circ < \beta < 90^\circ$ . Optimální stav je při  $\beta_z = 55^\circ$ .

Dynamickou stabilitou dnes nazývanou přechodnou stabilitu si lze představit nejjednodušší situací: síť tvořenou jedním zdrojem a jedním spotřebičem spojenými dvěma vedeními. Za běžné situace zdroj udržuje stálé napětí a stálou frekvenci. V ustáleném stavu je výkon turbíny roven odebíranému elektrickému výkonu (při zanedbání mechanických a elektrických ztrát). Z hlediska stability nás zajímá, co se děje, pokud spotřebič odebírá ze sítě větší výkon, než je zdroj schopen poskytnout. Extrémním případem je, dojde-li ke zkratu na vedení, kdy odebíraný proud skokově roste nad přípustnou mez.

Ztráta stability znamená, že stroj přejde do asynchronního chodu. Projeví se to rázy činného výkonu, které namáhají hřídel a přes stator vázaný s rotorem elektromagnetickým polem se přenášejí na základy soustrojí a mohou je poškodit. Je nutné takový stav včas vyhodnotit a generátor ochranami vypnout.

Podmínky pro udržení stabilního chodu synchronního generátoru se zhorší, jestliže dojde na vedení ke zkratu a vedení je odpojeno ochranami. Skokově se tedy změní parametry přenosu a zkoumá se, zda soustrojí turbína – generátor neztratí stabilitu.

Pro zachování stability je podstatné, aby doba trvání zkratu byla co nejkratší, tj. aby byl zkrat včas rozpoznán elektrickými ochranami a vypínač co nejrychleji vypnul vedení.

Jedno z opatření, jímž lze udržet stabilitu, je dostatečně rychlé snížení výkonu turbíny, a tím se přizpůsobí hnací výkon turbíny sníženému elektrickému zátěžnému výkonu generátoru. U parních turbín se to technicky provede elektrickým urychlovačem nebo rychlým řízením ventilů. V obojím případě se mžikem na krátkou dobu zavřou regulační ventily přívodu páry do turbíny. Popud k tomu dává čidlo akcelerace změny otáček.

Pro přechod do asynchronního chodu je typický pilovitý průběh výkonu generátoru. Projevuje se mechanickými rázy na hřídel soustrojí, jež se přenášejí do jeho základů a ohrožují stroj. Díky počítačovým programům - síťovým simulátorům lze modelovat přetížení sítě a analyzovat zkraty na vedení v dnešní složité elektrizační soustavě.

## 4 Platná legislativa z oblasti stability soustavy

Elektrizační soustava je jedním z nejsložitějších systémů po živém organismu. Působí v něm různé autoregulace, a to na straně zdrojů i na straně spotřeby. Je třeba, aby elektrizační soustava byla racionálně rozvíjena, udržována a obnovována. Musí být velmi podrobně modelována, což umožňuje nejen řádně připravovat její provoz, ale také zpětně vyšetřovat poruchy a přijímat nápravná opatření.

Pro vytvoření modelu elektrizační soustavy je kromě teoretické výbavy modelérů nezbytné i množství velmi speciálních technických údajů od elektráren, sítí a spotřebičů. Velmi důležitá je správná interpretace výsledků výpočtů na modelech, z níž vycházejí návrhy opatření. V dnešní době pracuje elektrizační soustava ČR v synchronním provozu se soustavami kontinentální Evropy a tato skutečnost vyžaduje modelovat celý tento rozsáhlý fyzikální celek. Toho lze docílit díky spolupráci provozovatelů přenosových soustav sdružených v organizaci UCTE .

Při dodržení výše zmíněných požadavků, pak takovouto soustavu můžeme nazvat zdravou elektrizační soustavou.

### 4.1 Vybrané normy

Na základě znění energetického zákona „*Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*“ a další platné legislativy (vyhlášky, normy atd.) je každý provozovatel DS a PS povinen dodržovat určitá pravidla k zajištění stability soustavy. Souhrn takovýchto pravidel jsou sepsány v pravidlech provozování přenosové soustavy PPPS a v pravidlech provozování distribuční soustavy PPDS. Kvalita napětí v DS pak v normě ČSN EN 50 160. Norma ČSN EN 50160 je českou verzí evropské normy EN 50160:1999. Norma uvádí hlavní charakteristiky napětí v místech připojení odběratelů z veřejných distribučních sítí nízkého a vysokého napětí za normálních provozních podmínek. Norma udává meze nebo hodnoty charakteristických hodnot napětí, jaké může za normálních provozních podmínek očekávat kterýkoliv odběratel. Předmětem této normy je definování a popis charakteristik napájecího napětí týkající se: - kmitočtu, - velikosti, - tvaru vlny, - symetrie třífázových napětí.

V PPPS kapitola uvádí všeobecné požadavky na řízení U a Q pro všechny elektrárenské bloky přenosové soustavy.

Požadavky na regulační rozsah bloku:

Generátor musí být schopen dodávat jmenovitý činný výkon v rozmezí účinníků  $\cos\varphi_{\text{IND}} = 0.85$  (chod generátoru v přebuzeném stavu) a  $\cos\varphi_{\text{KAP}} = 0.95$  (chod generátoru v podbuzeném stavu) při kmitočtu v rozmezí 48.5 až 50.5 Hz a při dovoleném rozsahu napětí buď  $\pm 5 \%$   $U_n$  na svorkách

generátoru nebo  $400 \text{ kV} \pm 5 \%$ ,  $220 \text{ kV} \pm 10 \%$  a  $110 \text{ kV} \pm 10 \%$  na straně vvn blokového transformátoru. V odůvodněných případech (zejména, když použítá technologie není schopna plnit požadavek provozu se jmenovitým činným výkonem pro frekvence menší než 49.5 Hz) budou podmínky provozu na základě písemné žádosti upraveny dohodou mezi ČEPS a provozovatelem elektrárny.

Při nižších hodnotách činného výkonu se dovolené hodnoty jalového výkonu zjistí podle provozních diagramů bloku, které musí být součástí provozně-technické dokumentace bloku. Technologie vlastní spotřeby elektrárny a zajištění napájení vlastní spotřeby umožní využití výše uvedeného dovoleného rozsahu – např. použitím odbočkového transformátoru napájení vlastní spotřeby s regulací pod zatížením.

Uvedený základní požadovaný regulační rozsah jalového výkonu může být modifikován, tedy zúžen nebo rozšířen. Důvodem případné modifikace může být např. odlišná (nižší/vyšší) potřeba regulačního jalového výkonu v dané lokalitě PS anebo zvláštní technologické důvody. Taková modifikace předpokládá uzavření zvláštní dohody mezi provozovatelem a uživatelem PS.

## **4.2 Zajištění stability přenosu**

Jedná se o instalaci systémových stabilizátorů a hlídačů meze podbuzení do regulátoru buzení bloku. S rostoucím propojováním jednotlivých elektrizačních soustav do rozsáhlých systémů narůstá náchylnost ke kývání systémových veličin, jako je lokální frekvence, napětí a přenos výkonu. Tyto kyvy zhoršují kvalitu elektřiny a mohou vést i k vážným systémovým poruchám.

Proto je třeba toto kývání tlumit. Účinnými metodami je nastavení zesílení proporcionálního členu regulátoru buzení a zavedení tzv. systémových stabilizátorů (PSS) do regulátoru buzení.

Každá nově instalovaná budicí souprava bloku připojeného k PS musí být vybavena systémovým stabilizátorem (PSS). PSS musí zajistit účinné tlumení systémových (o frekvenci 0,3 – 1 Hz) a lokálních kyvů (1 – 2.5 Hz). Před připojením do PS musí být vypracována zpráva, která definuje počáteční nastavení a metodiku ladění PSS. Dále zpráva obsahuje výsledky ze simulačních výpočtů, které slouží k modelovému ověření počátečního nastavení PSS. Při uvádění PSS do provozu je vyžadováno ověření nastavení PSS měřením.

## **4.3 Systémové a podpůrné služby DS**

Systémové služby DS jsou činnosti prováděné PDS v rozsahu jeho povinností a kompetencí pro zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy ČR, pro zajištění služeb distribuce a takových parametrů DS, při nichž jsou dodrženy standardy kvality dodávek elektřiny a souvisejících služeb.

K systémovým službám zajišťovaným PDS patří zejména:

- Obnova provozu distribuční soustavy. Proces postupné obnovy napětí v jednotlivých částech DS po přerušení dodávky z celé PS nebo jednotlivých předávacích míst PS/DS do DS a ztrátě synchronizmu části nebo celé DS s PS na základě předem určených priorit odběratelů a při ostrovním provozu části DS s vhodnými zdroji.
- Zajištění kvality napěťové a proudové sinusovky. Součástí této služby zajišťované PDS je monitorování kvality dodávané/odebírané elektřiny v DS, zjišťování zdrojů snižování kvality, návrhy, příp. i realizace opatření na úrovni DS a sledování efektivnosti jejich působení.
- Regulace napětí a jalového výkonu v DS. Úlohou regulace napětí a jalového výkonu v DS je udržování zadaných hodnot napětí a toků jalového výkonu předepsaných PDS ve vybraných uzlech DS.

#### **4.4 Podpůrné služby DS**

U podpůrných služeb rozlišujeme zejména následující případy:

##### **Podpůrné služby, nabízené PDS pro PPS:**

- dispečerská záloha,
- operativní změny spotřeby,
- regulace rychlosti změny zatížení,
- regulace napětí a jalového výkonu.

Podpůrné služby nabízené uživatelem DS provozovateli DS:

**Podpůrné služby nabízené poskytovatelem podpůrné služby provozovateli DS pro systémové služby zajišťované PDS jsou zejména:**

- dispečerská záloha,
- schopnost startu ze tmy,
- schopnost ostrovního provozu,
- operativní změna zatížení,
- využití záložního výkonu v akumulaci tepla,
- regulace napětí a jalového výkonu,

- výpomoc ze sousední DS,
- regulace rychlosti změny zatížení na předávacích místech,
- vynucený provozní stav zdroje,
- výpomoc ze sousední zahraniční distribuční soustavy.

#### **Podpůrné služby nabízené uživatelem DS provozovateli PS prostřednictvím DS:**

Tento druh podpůrné služby nabízí poskytovatel podpůrné služby provozovateli přenosové soustavy, předávacím místem nabízené podpůrné služby je však místo připojení k DS. Předpokladem je, že poskytovatel služby má uzavřenu smlouvu s PDS o potřebné rezervaci přenosové kapacity sítě a dále, že PDS je o poskytování služby, jejím rozsahu a technických parametrech podrobně informován v termínech přípravy provozu, nejpozději v denní přípravě provozu a souhlasil s ní.

Jde o tyto služby:

- primární regulace činného výkonu,
- sekundární regulace činného výkonu,
- terciární regulace činného výkonu,
- dispečerská záloha,
- rychle startující záloha,
- schopnost ostrovního provozu,
- schopnost startu ze tmy,
- využití záložního výkonu v akumulaci tepla.

#### **Kvalita dodávky elektrické energie**

Odběratel elektrické energie požaduje dodávku elektrické energie v požadovaném množství a kvalitě. Množství je charakterizováno dodávkou elektrické práce, což představuje proudové zatížení elektrizační soustavy v závislosti na místě připojení odběratele. Kvalita elektrické energie znamená dodržení parametrů dodávky odběrového množství v příslušné hodnotě ze systému, který provádí dodávku [13]. Parametry elektrické energie – systémové veličiny tedy jsou:

- frekvence,
- napětí.

Elektrická energie vyrobená v elektrárnách v předepsané standardní kvalitě se prostřednictvím elektrizační soustavy (ES), tj. přenosových (PS) a distribučních sítí (DS) dodává až ke konečnému odběrateli. Během této cesty působí na elektrickou energii mnoho vnějších faktorů, které mohou mít vliv na konečnou kvalitu elektrické energie. Mezi takové faktory lze zařadit například:

- atmosférické vlivy (např. účinek blesku),
- vlivy způsobené používáním některých elektrických spotřebičů (např. elektronické,
- regulátory výkonu a otáček, napájecí zdroje elektronických přístrojů apod.),
- vlivy způsobené nutnými provozními manipulacemi v síti,
- působení ochran a automatizačních prostředků sloužících k omezení poruchových,
- stavů v sítích,
- časté spínání velkých spotřebičů.

Kvalita elektrické energie je udávána provozními hodnotami (charakteristikami) systémových veličin, které jsou garantovány provozovatelem sítě během normálního stavu elektrizační soustavy.

Jednotlivé kvalitativní ukazatele specifikují:

- kmitočet sítě,
- velikost napájecího napětí,
- odchylky napájecího napětí,
- rychlé změny napětí,
- velikost rychlých změn napětí,
- míra vjemu flikru,
- krátkodobé poklesy napájecího napětí,
- krátkodobá přerušení napájecího napětí,
- dlouhodobá přerušení napájecího napětí,
- dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí,
- přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí,
- nesymetrie napájecího napětí,



- harmonická napětí,
- meziharmonická napětí úrovně napětí signálů v napájecím napětí.

Pro charakteristiky, které platí pro odběrná místa z distribuční soustavy s napětovou úrovní nízkého a vysokého napětí se stanovují:

- zaručované hodnoty,
- měřicí intervaly,
- doby pozorování,
- mezní pravděpodobnosti splnění stanovených limitů.

Kvalitativní parametry elektrické energie jsou uvedeny v normách ČSN EN 50 160 a ČSN IEC 38. Pro spotřebitele elektrické energie jsou tyto hodnoty parametrů definovány pro společný napájecí (PPC – Point of Common Coupling) bod, ke kterému jsou spotřebitelé připojeni. Napájecí bod je místo veřejné rozvodné sítě elektricky nejbližší příslušnému odběrateli, ve kterém je nebo může být připojen jiný odběratel. Obvykle je to místo měření odběru elektrické energie odběratelem. Regulační systémy v elektrizační soustavě musí udržet požadované parametry v příslušných mezích.

Jmenovitý kmitočet je 50 Hz. Za normálních provozních podmínek musí být kmitočet sítě v povolené toleranci  $\pm 1\%$  po 99,5 % roku. Systémy pro udržení kmitočtu v příslušných mezích jsou primární a sekundární regulace v elektrizační síti. Jmenovitý kmitočet napájecího napětí v sítích nízkého a vysokého napětí (nn,vn) musí být 50 Hz. Za normálních provozních podmínek musí být střední hodnota kmitočtu základní harmonické měřená v intervalu 10 s v následujících mezích:

- u systémů se synchronním připojením k propojenému systému:
  - 50 Hz  $\pm 1\%$  (tj. 49,5 Hz ... 50,5 Hz) během 99,5 % roku,
  - 50 Hz + 4 %/- 6 % (tj. 47 Hz ... 52 Hz) po 100 % času.
- u systémů bez synchronního připojení k propojenému systému (tj. ostrovní napájecí systémy):
  - 50 Hz  $\pm 2\%$  (tj. 49 Hz ... 51 Hz) během 95 % týdne,
  - 50 Hz  $\pm 15\%$  (tj. 42,5 Hz ... 57,5 Hz) po 100 % času.

Hodnota napětí je definovaná pro PCC. Za normálních provozních podmínek musí být napětí v síti v povolené toleranci  $U_n = \pm 10\%$  v PCC. V této toleranci musí být 95% průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 min. během každého týdne. Všechny průměrné

efektivní hodnoty napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut musí být v rozsahu  $U_n + 10 \% - 15 \%$ .

Normalizované jmenovité napětí  $U_n$  pro veřejnou síť nízkého napětí je:

- pro čtyřvodičové trojfázové soustavy:

$U_n = 230 \text{ V}$ , mezi fázovým a středním vodičem,

- pro třívodičové trojfázové soustavy:

$U_n = 230 \text{ V}$  mezi fázovými vodiči.

Velikost napájecího napětí pro síť vysokého napětí je dána dohodnutým napájecím napětím  $U_c$ . Odchyšky napájecího napětí vn za normálních provozních podmínek, s vyloučením přerušení napájení, musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu  $U_c \pm 10 \%$ .

Časový interval se začíná měřit, když napětí poklesne pod 90%  $U_n$  a končí po jeho opětovném nárůstu nad 90%. Pokud napětí poklesne pod 1% jmenovité hodnoty, nazýváme to přerušení napětí. V trojfázovém systému považujeme normální pokles napětí v kterékoliv fázi za pokles napětí celého systému. Přepětí je charakterizováno stejně, ale pro hodnotu překročení 110%  $U_n$

Pokles napětí může být způsoben spotřebiteli nebo vlivem stavu v rozvodné síti. Ze strany DS může dojít:

- přerušení napájení,
- poklesu napětí (přepětí).

Přerušení mohou být krátkodobého nebo dlouhodobého charakteru např. zkrat, OZ, chyby síťového zařízení. Delší přerušení se nazývá výpadek napájení.

Pokles napětí může být způsoben např. pomalým řízením regulace napětí v síti (náhlé odlehčení zátěže). Pokles napětí nebo poruchové události způsobené uživateli mají v případě dobře navržené DS malý vliv na napětí v PCC tzn., že další spotřebitelé, kteří jsou připojeni k tomuto bodu, nejsou ovlivněni.

Norma ČSN EN 50 160 o kmitočtu, velikosti, tvaru vlny a symetrii třífázových napětí se nevztahuje na mimořádné provozní podmínky, zahrnující následující:

- podmínky vzniklé jako výsledek poruchy nebo dočasného zapojení sítě pro napájení odběratelů během údržbových a výstavbových prací nebo při minimalizaci rozsahu a trvání ztráty napájení,

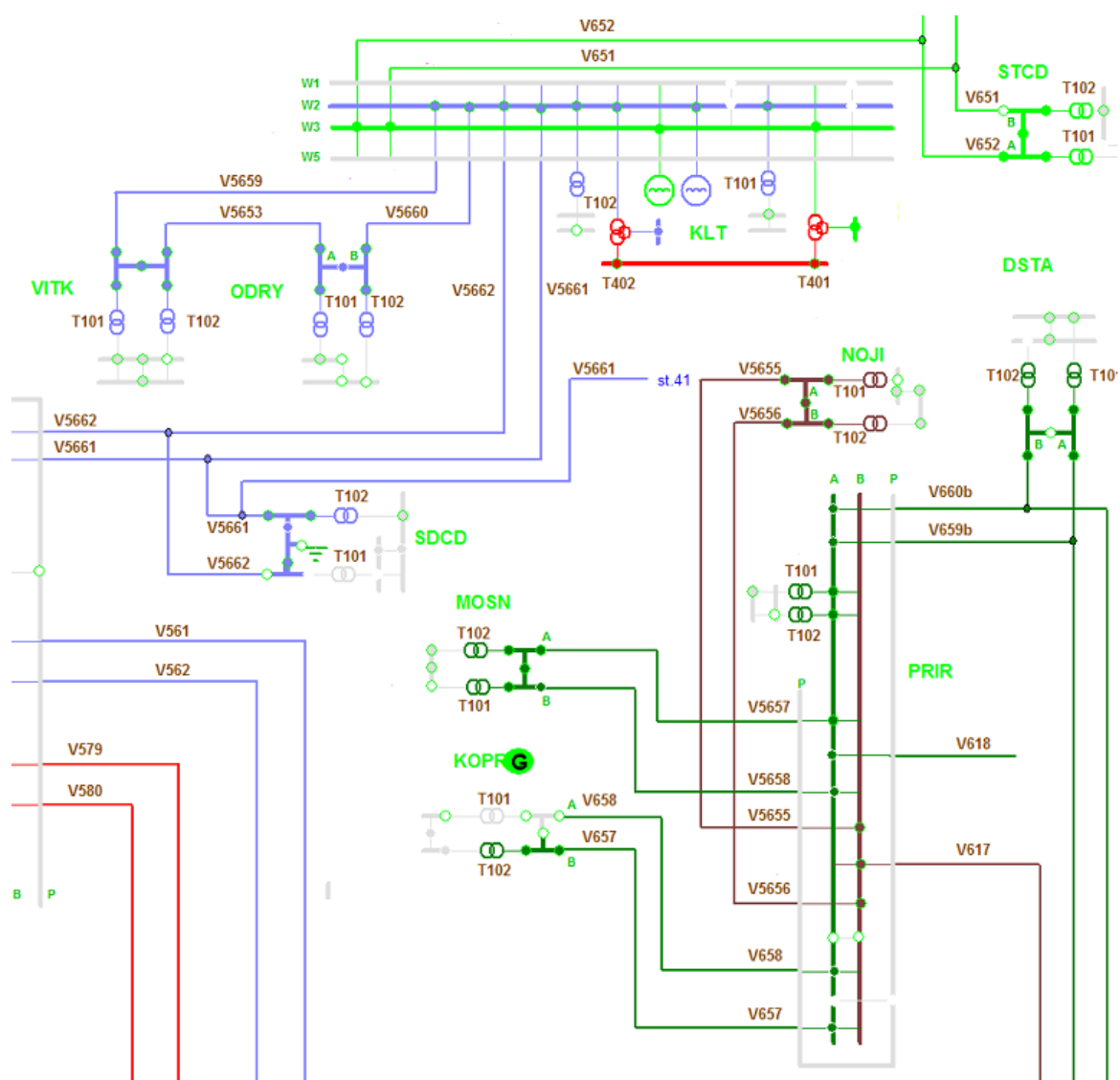
- v případě, že instalace nebo zařízení odběratele nevyhovuje příslušným normám nebo technickým připojovacím podmínkám pro odběratele, vydaným buď veřejnou správou, nebo dodavatelem elektřiny zahrnujícím meze pro rušení šířená po vedeních,
- v případě, že provedená instalace nevyhovuje platným předpisům nebo technickým požadavkům na paralelní provoz s distribučním systémem, vydaným buď veřejnou správou, nebo dodavatelem elektřiny (např. rozptýlené - vnořené zdroje),
- ve výjimečných situacích, na které nemá dodavatel elektřiny vliv, zahrnujících:
  - mimořádné povětrnostní podmínky a další přírodní katastrofy,
  - cizí zavinění,
  - nařízení úřadů,
  - průmyslovou činnost (požadavky v rámci zákona),
  - vyšší moc,
  - nedostatek výkonu zaviněný vnějšími okolnostmi.

V distribuční soustavě mohou nastat výše uvedené případy, na něž se sice norma ČSN EN 50160 nevztahuje, ale distributor el.energie s těmito eventualitami počítá. Především počítá s podmínkami vzniklými jako výsledek poruchy nebo dočasného zapojení sítě pro napájení odběratelů během údržbových a výstavbových prací nebo při minimalizaci rozsahu a trvání ztráty napájení.

V pravidlech PDS se uvádí pojem kritérium N-1, což je schopnost DS udržet parametry normálního stavu po výpadku jednoho prvku v síti 110 kV nebo stanici 110 kV/vn (vedení, transformátor), přičemž může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení nebo přerušení spotřeby. Pro plánovaný provoz DS se určí toky výkonů v síti a napětí v uzlech sítě [1]. Zvláště, kdy je jedno zařízení DS plánovaně vypnuté, se prověřuje ustálený chod sítě při stavech, kdy dojde k výpadku napájecího transformátoru 110 kV/vn, nebo výpadku ostatních vybraných prvků DS. Určuje se náhradní napájení DS tak, aby odběratelé tyto stavy pokud možno nezaznamenali a nebyli tímto stavem dle platné legislativy ČR omezováni.

## 5 Možnosti odlehčení sítě na jiné uzly 110/22kV

Distribuční transformovny slouží k transformaci 110/22 kV. Může nastat případ, kdy dojde ke ztrátě napětí ze strany 110 kV. Tato ztráta napětí může být způsobena poruchou vedení přenosové soustavy, poruchou transformátoru 400/110 kV (220/110 kV), poškozením vedení 110 kV mezi jednotlivými transformovnami, nebo poškozením zařízení v samotné transformovně na straně 110 kV, ať už přípojnic, nebo transformátoru 110/22 kV. Obrázek 5-1 zobrazuje schéma zapojení části distribuční soustavy 110 kV v oblasti Novojičinska. Dle barev lze snadno pozorovat zapojení jednotlivých vedení a transformátorů 110/22 kV ze stejných systémů. Jedna barva-jeden systém.



Obr. 5-1: Schéma zapojení 110 kV

V případě ztráty napájení ze strany 110 kV v rozvodně Odry, je jedinou možností havarijního zásobování rozvodny obnova dodávky elektrické energie po distribuční síti vedení 22 kV. A to z okolních rozvodů Studénka, ČD Suchdol, Nový Jičín a Vítkov. V případě ztráty napájení ze strany 110 kV v rozvodně Nový Jičín, jsou možnosti převedení zátěže po distribučních sítích 22 kV na okolní rozvodny omezené. K obnově dodávky elektrické energie je k dispozici pouze rozvodna Odry a Příbor. Schéma zapojení sítě 22 kV v dispečerské oblasti Nový Jičín je v příloze I.

## **5.1 Odlehčení rozvodny Odry**

Transformovna 110/22 kV Odry je napájena z dvojitého vedení VVN 5653/5660, které je napojeno z jednoho pole R110 kV Kletné do jednoho pole R110 kV Vítkov. Pro transformaci na hladinu 22 kV jsou k dispozici dva transformátory o výkonech 25 MVA. Nulový bod sítě 22 kV je uzemněn přes Petersenovu tlumivku o výkonu 4000 kVAr.

Rozvodna 110 kV je klasická, venkovní, tzn. systém H, se vzduchovým ovládáním a softwarovým blokováním v řídicím systému Mikrodispečink/RIS. Zkratová odolnost rozvodny je 3506 MVA. Přívodní vedení je chráněno distanční ochranou 7SA611 s interní automatikou OZ v R 110 kV Kletné. Transformátory T101 a T102 110/22 kV jsou chráněny rozdílovou ochranou 7UT512, nadproudovými ochranami 7UT512 na straně 110 kV a 22 kV a ochranou proti přetížení 7SJ621. Přepínač odboček transformátoru je řízen regulátorem napětí HRT6.

Rozvodna 22 kV je jedosystémová s podélným dělením. Z toho vyplývá, že možnosti kombinace připojení vývodů vn, před nebo za podélné dělení, jsou předem dány a nelze je měnit. Maloolejové vypínače HL6-9 s elektrickým ovládáním, blokování je softwarové v řídicím systému Mikrodispečink/RIS. První přípojnice 22 kV označená W12 s kobkami lichými č. 1 až 25 a druhá přípojnice označená W11 se sudými čísly kobek 2 až 26 vše do sítě ČEZ. Podélné dělení je zapnuto a přípojnice je napájena transformátorem T101 popř. T102. Zkratová odolnost rozvodny je 866 MVA. Vývody jsou vybaveny nadproudovými ochranami AT31X, zkratovými ochranami A32 a wattmetrickými ochranami pro indikaci zemního spojení GSC11.

Zatížení jednotlivých vedení 22 kV v případě ztráty napájení 110 kV je nutné převést na vedení 22 kV napájené z jiných rozvodů a to dle možností okolních rozvodů a jednotlivých vedení z nich napájených. Dle zatížení, známých průřezů a délek jednotlivých vedení lze předběžně navrhnout, odkud která vedení mají být havarijně napájena. Potom návrh propočítat.

### **Teoretický návrh:**

Dle obrázku 5-2, kdy červený prvek znamená ZAPNUTO a zelený VYPNUTO, lze celou VN143 převést na VN218 z rozvodny Studénka přes dálkově ovládaný úsekový vypínač US\_NJ\_3287.

VN289 a VN241 napájet z rozvodny Vítkov, kde tato vedení jsou v základním zapojení v rozvodně Vítkov vypnutá. Rozvodna Vítkov 22 kV je dvousystémová. Lze si zvolit, který vývod připojit k přípojnici W22 nebo W11. Pro napájení VN289 a VN241 je vhodné tato vedení připojit na samostatnou přípojnici 22 kV a napájet tuto přípojnici samostatným transformátorem 110/22 kV.

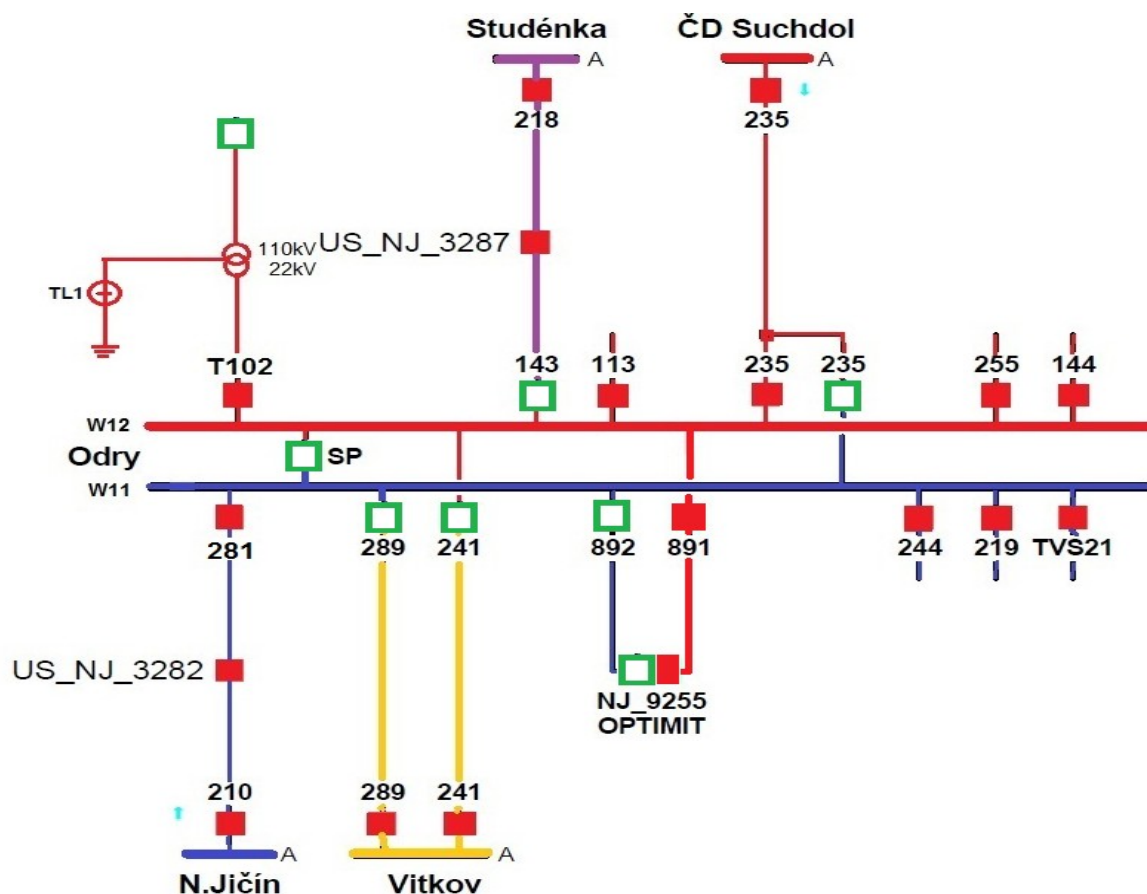
Na přípojnici W12 Odry zůstávají vedení VN144, VN255, VN235, VN113 a VN891. Tuto přípojnici lze napájet z rozvodny ČD Suchdol po vedení VN235, které je v rozvodně ČD Suchdol v základním zapojení vypnuté.

Zbývá přivést napětí na přípojnici W11 Odry a její vývody VN219, VN244, VN281 a vlastní spotřebu rozvodny. Přípojnici W11 lze napájet z rozvodny Nový Jičín po VN210 přes dálkově ovládaný úsekový vypínač US\_NJ\_3282.

Napájení z rozvodny ČD Suchdol a Nový Jičín má svá úskalí. Rozvodna ČD Suchdol patří SŽDC (správa železniční dopravní cesty), je bez kompenzace a maximální možné zatížení VN235 v rozvodně ČD Suchdol je 240 A. Kompenzaci lze zajistit z rozvodny Odry připojením transformátoru T102 ze strany 22kV k přípojnici W12. Zátěžný proud 240 A v rozvodně Suchdol ČD, dle dlouhodobých měření jednotlivých vývodů připojených k přípojnici W12 rozvodny Odry, nebude překročen.

Pro napájení přípojnice W11 po VN281/210 z rozvodny Nový Jičín se musí provést drobné úpravy s distribuční sítí napájené z Nového Jičína. Rozvodna Nový Jičín je taktéž jedosystémová rozvodna s podélným dělením přípojnice. Má dva transformátory o výkonu 40 a 50 MVA. V rozvodně Nový Jičín je připojen k soustavě jen jeden transformátor a druhý slouží jako záložní. Rozvodny Nový Jičín a Odry jsou od sebe vzdáleny vzdušnou čarou cca 14 km, ale hlavní vedení mezi rozvodnami měří přes 20 km. Je předpoklad, že vlivem této vzdálenosti průřezu vodičů dojde k poklesům napětí. Proto, abychom do Oder přivedli co možná nejvyšší napětí, je nutné zvýšit napětí na výstupu z transformátoru 110/22 kV v Novém Jičíně. Aby zvýšeným napětím nebyli ovlivněni odběratelé v blízkosti rozvodny Nový Jičín, je potřeba rozdělit provoz rozvodny Nového Jičína na dva transformátory pracující samostatně do každé přípojnice a vypnout spojku podélného dělení. Ostatní vývody z rozvodny Nový Jičín lze převést na transformátor, který nenapájí vedení VN210 do Oder. Následně je možné zvednout napětí na transformátoru pro napájení VN210 do rozvodny Odry.

Většinu manipulací v soustavě pro převedení rozvodny Odry po 22 kV může provést dispečer ČEZ Distribuce, a.s. dálkovými manipulacemi v RIS. Zapnutí VN235 v ČD Suchdol musí provést obsluha SŽDČ. Změnu zapojení sítě rozvodny Nový Jičín musí provést ruční manipulací pracovníci ČEZ Distribuční služby s.r.o. dle pokynů dispečera.



Obr. 5-2: Schéma náhradního zapojení rozvodny Odry 22 kV

## 5.2 Odlehčení rozvodny Nový Jičín

Transformovna 110/22 kV Nový Jičín je napájena z dvojitého vedení VVN 5655/5656, které jsou napojeny z R110 kV Příbor. Pro transformaci na hladinu 22 kV jsou k dispozici dva transformátory o výkonech 50 a 40 MVA. Nulový bod sítě 22 kV je uzemněn přes Petersenovu tlumivku o výkonu 5000 kVAr.

Rozvodna 110 kV je klasická, venkovní, tzv. úplný systém H, se vzduchovým ovládáním a softwarovým blokováním v řídicím systému Mikrodispečink/RIS. Zkratová odolnost rozvodny je 3506 MVA. Přívodní vedení je chráněno distanční ochranou REL670 s interní automatikou OZ v R 110 kV Příbor. Transformátor T101 a T102 110/22 kV je chráněn rozdílovou ochranou R30,

nadproudovými ochranami AT31X na straně 110 kV a 22 kV a ochranou proti přetížení AT12X. Nadproudová ochrana strany 110 kV je blokována podpětovou ochranou na straně 22 kV. Přepínač odboček transformátoru je řízen regulátorem napětí HRT4.

Rozvodna 22 kV je jedosystémová s podélným dělením. Z toho vyplývá, že možnosti kombinace připojení vývodů vn , před nebo za podélné dělení, jsou předem dány a nelze je měnit. Maloolejové vypínače HL6-9, elektricky ovládané, blokování softwarové v řídicím systému Mikrodispečink/RIS. První přípojnice 22 kV označená W12 s sudými kobkami č. 2 až 26 a druhá přípojnice označená W11 s lichými čísly kobek 1 až 25 s vývody do sítě ČEZ. Podélné dělení je zapnuto a přípojnice je napájena transformátorem T101 popř. T102. Zkratová odolnost rozvodny je 762 MVA. Vývody jsou vybaveny nadproudovými ochranami AT31X, zkratovými ochranami A32 a číslicovými ochranami pro indikaci zemního spojení RYo.

Zatížení jednotlivých vedení 22 kV v případě ztráty napájení 110 kV je nutné převést na vedení 22 kV napájené z jiných rozvodů a to dle možností okolních rozvodů a jednotlivých vedení z nich napájených. Dle zatížení, známých průřezů a délek jednotlivých vedení lze předběžně navrhnout, odkud která vedení mají být havarijně napájena. Potom návrh propočítat.

#### **Teoretický návrh:**

Dle obrázku 5-3, kdy červený prvek znamená ZAPNUTO a zelený VYPNUTO, lze celou VN51 převést na VN253 z rozvodny Příbor přes úsekový odpojovač US\_NJ\_3366, který je ručně ovladatelný.

K přípojnicí W11 zůstávají zapnutá vedení VN230, VN888, VN239, VN212 a vlastní spotřeba rozvodny. Celou přípojnicí W11 je možno napájet z rozvodny Příbor po vedení VN239, které má v rozvodně Příbor v základní zapojení konec. Samotná VN239 by nestačila napájet tak velké zatížení přípojnice W11 v Novém Jičíně, proto je nutné k VN239 paralelně připojit vedení VN214. VN214 napájí VN212 přes dálkově ovládaný úsekový vypínač US\_NJ\_3276.

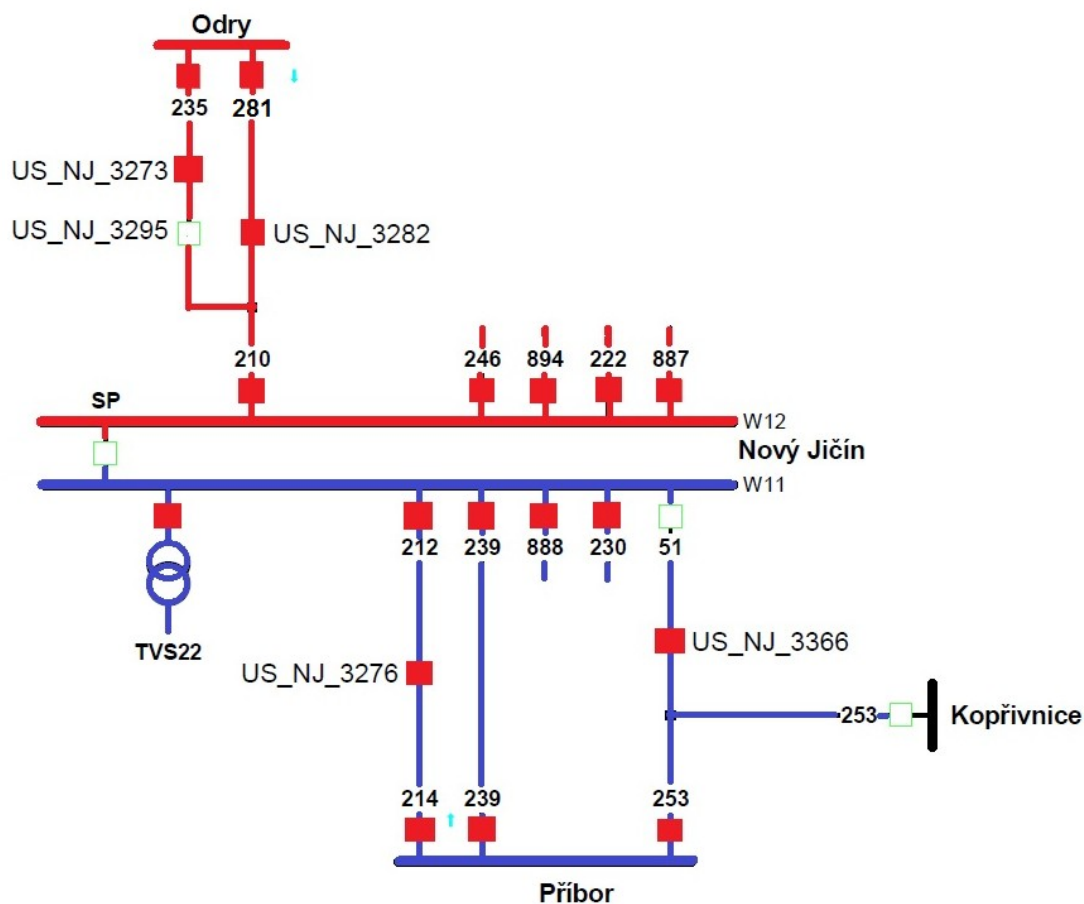
Rozvodna Příbor 22 kV je dvousystémová. Lze si zvolit, který vývod připojit k přípojnicí W2 nebo W1. Napájení VN239 a VN214 je vhodné provést připojením těchto vedení k samostatné přípojnicí 22kV a napájet přípojnicí samostatným transformátorem 110/22 kV.

Zbývá napájet přípojnicí W12 a její vývody VN887, VN222, VN894, VN246, VN210. Přípojnicí lze napájet z rozvodny Odry po VN281 přes dálkově ovládaný úsekový vypínač US\_NJ\_3282 na VN210. Rozvodna Odry je taktéž jedosystémová rozvodna s podélným dělením přípojnice. Proto, abychom do Nového Jičína přivedli co možná nejvyšší napětí, z důvodu velké vzdálenosti mezi rozvodnami, je nutné zvýšit napětí na výstupu z transformátoru 110/22 kV v Odrách. Abychom však neovlivňovali napětí většiny odběratelů v distribuční soustavě Oder, je potřeba rozdělit



provoz rozvodny Odry na dva transformátory pracující samostatně do každé části přípojnice při vypnuté spojce podélného dělení. Většinu odběru z rozvodny Odry lze převést na transformátor, který nenapájí vedení VN281 do Nového Jičína. Následně je možné zvýšit napětí na transformátoru pro napájení VN281 do rozvodny Nový Jičín.

Většinu manipulací v soustavě pro převedení rozvodny Nový Jičín po 22 kV může provést dispečer ČEZ Distribuce, a.s. dálkovými manipulacemi v RIS. Přepnutí VN51 na VN253 z rozvodny Příbor, stejně jako změnu zapojení sítě rozvodny Odry musí provést ručními manipulacemi pracovníci ČEZ Distribuční služby s.r.o. dle pokynů dispečera.



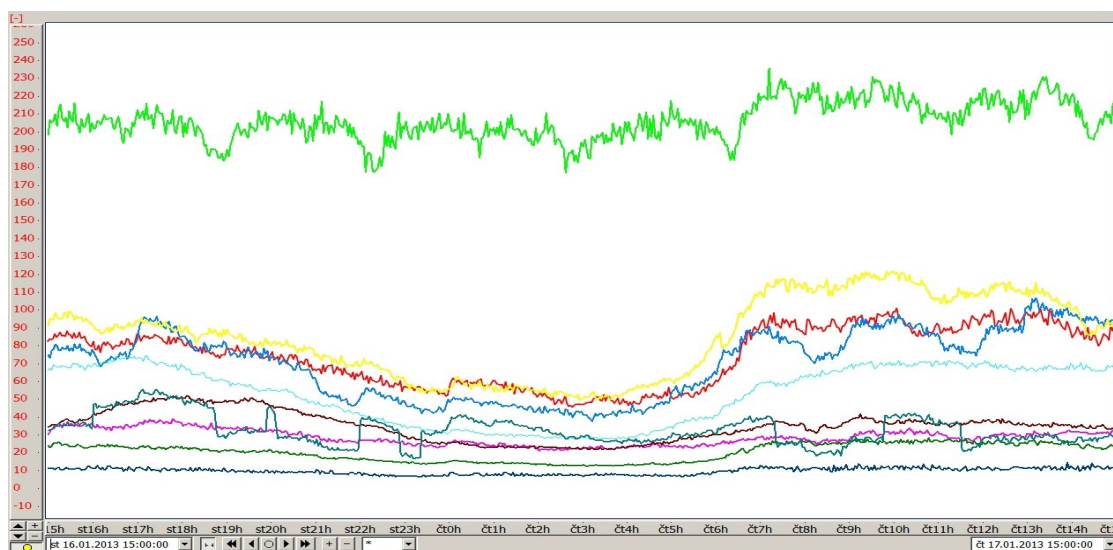
Obr. 5-3: Schéma náhradního zapojení rozvodny Nový Jičín 22 kV

## 6 Výpočet chodu sítě v náhradním zapojení

Pro účely výpočtu chodu sítě postačí spočítat proudové zatížení jednotlivých vedení v havarijním zapojení soustavy a úbytky napětí na konci jednotlivých vedení, a na přípojnicích rozvoden. Hodnoty zatížení jednotlivých vývodů v základním zapojení jsou ze zimního měření roku 2013 provedeného provozovatelem distribuční soustavy ČEZ Distribuce, a.s. Při výpočtech používám maximálního proudového zatížení jednotlivých vývodů v den zimního měření. Vzniká tak jistá výkonová rezerva, v rozvodnách i na vedeních, mezi výpočtem a skutečností, neboť lze vyčíst z grafu obrázek 6-1 a 2, že soudobost maximálního zatížení není 1.



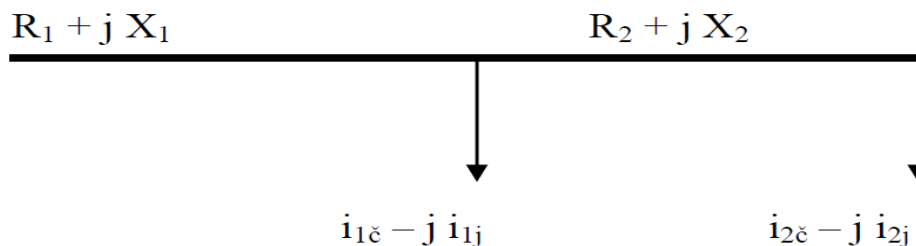
Obr. 6-1: Schéma zatížení vývodů 22 kV R Odry



Obr. 6-2: Schéma zatížení vývodů 22 kV R Nový Jičín

## 6.1 Úbytky napětí

Pro výpočty trojfázových vedení počítám se symetrickým provozem, kdy nulovým vodičem neprotéká žádný proud a úbytek napětí vzniká pouze ve fázovém vodiči. Při výpočtech je potřeba použít podélnou impedanci vedení  $R$  (činný odpor) a induktivní reaktanci  $X$ . Aplikuji metodu konstantního průřezu, což je téměř shodné s realitou. Počítám vždy s nižším průřezem vedení [15].



Obr. 6-3: Schéma zjednodušeného vedení

Fázová hodnota úbytku napětí sítě:

$$\Delta \underline{U}_f = (R_1 + jX_1)(i_{1c} - j i_{1j}) + (R_1 + jX_1 + R_2 + jX_2)(i_{2c} - j i_{2j}) \quad (6.1)$$

Sdružená hodnota úbytku napětí sítě:

$$\Delta \underline{U}_s = \Delta \underline{U}_f \sqrt{3} \quad (6.2)$$

V tabulce 6-1 je výpis parametrů jednotlivých vedení, u kterých je nutné provést výpočty úbytků napětí. Tato vedení jsou v havarijním zapojení napájena z jiných uzlů a v rozvodně postižené výpadkem napájení 110 kV jsou odpojená, nebo z jiných napájecích uzlů napájí přípojnice 22kV v postižené rozvodně. V tabulce jsou důležitá vedení pro obě rozvodny tj. Odry a Nový Jičín.

číslo VN	odkud - kam	délka vedení [km]	typ	průřez [mm <sup>2</sup> ]	R [Ω/km]	X [Ω/km]
281	Odry><US_NJ_3282	12,33	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
210	US_NJ_3282><Nový Jičín	7,98	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
235	Odry><ČD Suchdol	8,46	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
289	Odry><Vítkov	15,97	AlFe	110/22	0,266	0,421
241	Odry><Vítkov	15,94	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
214	Příbor><US_NJ_3276	6,7	AlFe	110/22	0,266	0,421
212	US_NJ_3276><Nový Jičín	4,7	AlFe	110/22	0,266	0,421
239	Příbor><Nový Jičín	10,6	AlFe	110/22	0,266	0,421
51	Nový Jičín><US_NJ_3366	15,2	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
253	US_NJ_3366><Příbor	11,6	AlFe 6 + 1	3 x 120	0,234	0,421
218	Studénka><US_NJ_3287	9,2	AlFe	110/22	0,266	0,421
143	US_NJ_3287><Odry	12,7	AlFe	110/22	0,266	0,421

Tab. 6-1: Parametry vedení 22 kV

## 6.2 Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV

Hodnoty výpočtu úbytku napětí na důležitých vedeních při havarijním zapojení rozvodny Odry je v tabulce 6-3. Z tabulky jsou patrné jednotlivé úbytky sdruženého napětí a místa, pro která byl tento úbytek napětí počítán. Znaménko *mínus* znamená, o kolik voltů je napětí na konci vedení nižší než na začátku vedení. Na obrázku 5-4 jsou tyto úbytky znázorněny. Tabulka 6-2 obsahuje hodnoty maximálních proudů ze zimního měření potřebné pro výpočty havarijního napájení R Odry.

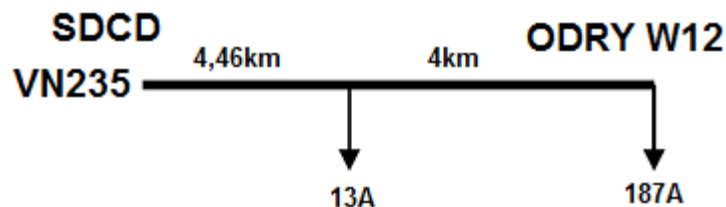
Přípojnice W12 je součet proudů VN113, VN891, VN255 a VN144.

Přípojnice W11 je součet proudů VN244 a VN219.

rozvodna	ODRY	ODRY	ODRY	ODRY	ODRY	ODRY	ODRY	STCD	SDCD	VITK	VITK	NOJI
číslo vedení VN/přípojnice	281	235	289	241	143	W12	W11	218	235	289	241	210
zatížení v zálk. zapojení [A]	13	13	15	65	66	187	27	25	-	-	-	19

Tab. 6-2: Proudové zatížení při havarijním napájení R Odry 22 kV

Pro příklad výpočtu jsem si vybral napájení přípojnice W12 z rozvodny ČD Suchdol po VN235, stejným způsobem jsou pak vypočteny i zbývající úbytky napětí. :



Obr. 6-4: Náhradní schéma VN235

$$\Delta \underline{U}_f = (\underline{R}_1 + j\underline{X}_1)(\underline{i}_{1\ell} - j\underline{i}_{1j}) + (\underline{R}_1 + j\underline{X}_1 + \underline{R}_2 + j\underline{X}_2)(\underline{i}_{2\ell} - j\underline{i}_{2j}) = \underline{Z}_1 \cdot \underline{I}_1 + (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \cdot \underline{I}_2 \quad (6.3)$$

Impedance vedení:

$$\underline{Z} = \sqrt{(R^2 + X^2)} \quad [\Omega/\text{km}] \quad (6.4)$$

**Výpočet  $\Delta \underline{U}_s$  VN235:**

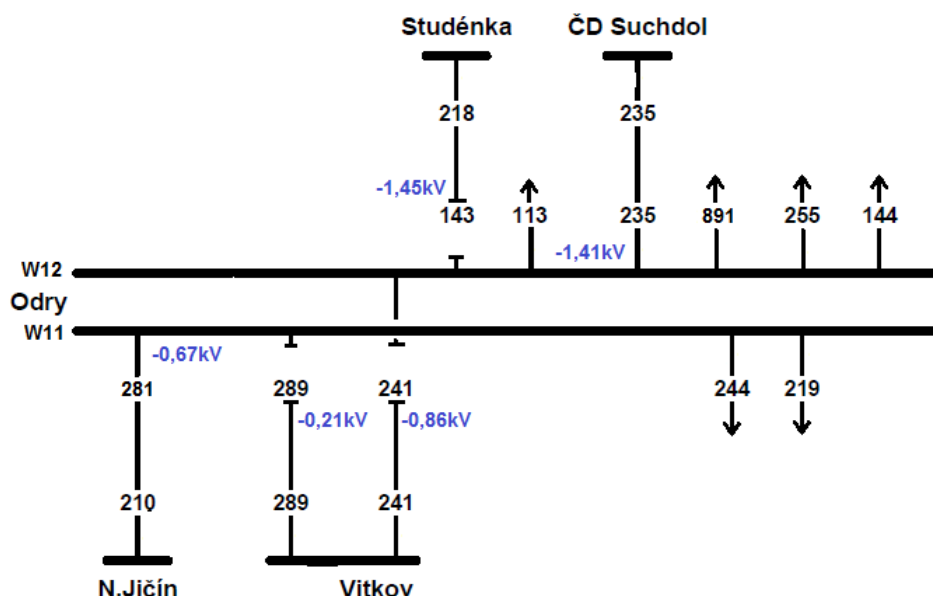
$$\Delta \underline{U}_f = \underline{I}_1 \underline{Z}_1 \cdot \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \cdot (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2) \cdot \underline{I}_2 = 4,46 \cdot 2,148 \cdot 13 + 4 \cdot (2,148 + 1,926) \cdot 187 = 789,573 \text{ V}$$

$$\Delta \underline{U}_s = \Delta \underline{U}_f \sqrt{3} = 789,573 \cdot \sqrt{3} = 1367,58 \text{ V} = \underline{1,37 \text{ kV}}$$

Zdali úbytek napětí vyhovuje či nikoliv jsem spočetl z povolené tolerance úbytku napětí dle ČSN EN 50 160, kdy  $\Delta U_{\min} = -10\%$  z  $U_s$ . Hodnota  $U_s = 23 \text{ kV}$ . T toho vyplývá maximální možný úbytek napětí  $\Delta U_s = 2,3 \text{ kV}$ . Tento úbytek napětí není na žádném z vedení překročen.

napájení	číslo vedení VN	místo výpočtu $\Delta U_s$	$\Delta U_s$ [kV]	tolerance $\Delta U_s$
Nový Jičín	210	přípojnice W11 Odry	-0,67	vyhovuje
ČD Suchdol	235	přípojnice W12 Odry	-1,41	vyhovuje
Vitkov	289	konec vedení VN289	-0,21	vyhovuje
Vitkov	241	konec vedení VN241	-0,86	vyhovuje
Studénka	218	konec vedení VN143	-1,45	vyhovuje

Tab. 6-3: Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV



Obr. 6-5: Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV

### 6.3 Úbytky napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV

Stejným způsobem jako u havarijního napájení rozvodny Odry po vedení 22 kV, jsem zpracoval i havarijní zapojení rozvodny Nový Jičín. V tabulce 6-4 jsou proudové zátěže na vybraných vedeních a přípojnicích, důležitých pro výpočet úbytku napětí při tomto havarijním zapojení. V tabulce 6-1 jsou parametry těchto vedení.

Přípojnice W12 je součet proudů VN246, VN894, VN222 a VN887.

Přípojnice W11 je součet proudů VN888 a VN230. Jak jsem napsal v kapitole 5.2, přípojnicí W11 v Novém Jičíně je potřeba napájet z rozvodny Příbor paralelním vedením VN214 a VN239, proto jsou proudy těchto vedení rozděleny na dvě stejné části. I parametry těchto vedení jsou stejné.

rozvodna	NOJI	NOJI	NOJI	NOJI	NOJI	NOJI	PRIR	PRIR	PRIR	ODRY
číslo vedení VN/přípojnice	210	W12	W11	212	239	51	214	239	253	281
zatižení v zálk.zapojení [A]	19	139	303	48	25	40	14	-	42	13

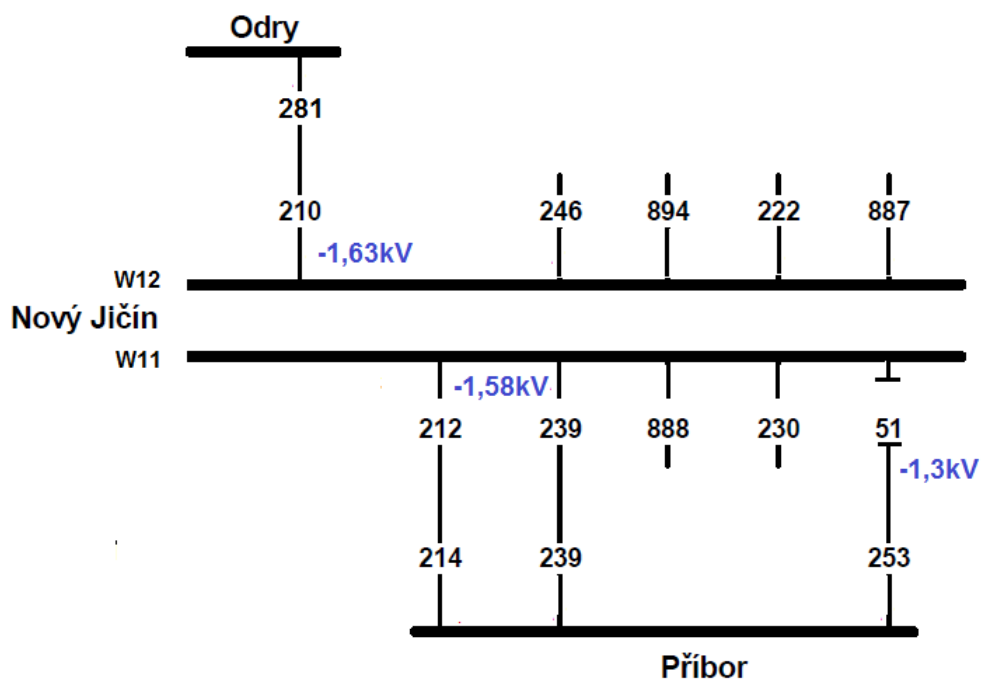
Tab. 6-4: Proudové zatižení při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV

V tabulce 6-5 je výsledek výpočtů úbytků napětí dle vzorce (6.1 a 6.2) jednotlivých vedení a místo, pro které byl tento úbytek spočítán. Úbytek napětí na žádném z vedení nepřekračuje

povolenou hranici 10% což je 2,3 kV. Znaménko *minus* znamená, o kolik voltů je napětí na konci vedení nižší než na začátku vedení. Na obrázku 6-6 jsou tyto úbytky znázorněny ve zjednodušeném schématu zapojení rozvodny Nový Jičín.

napájení	číslo vedení VN	místo výpočtu $\Delta U_s$	$\Delta U_s$ [kV]	tolerance $\Delta U_s$
Příbor	253	konec vedení VN51	-1,3	vyhovuje
Příbor	214	přípojnice W12 Nový Jičín	-1,58	vyhovuje
Příbor	239	přípojnice W12 Nový Jičín	-1,58	vyhovuje
Odry	281	přípojnice W12 Nový Jičín	-1,63	vyhovuje

Tab. 6-5: Úbytky napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV



Obr. 6-6: Poklesy napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV

## 7 Kontrola nastavení ochran v případě havarijního zapojení

Jedním z důležitých propočtů chodu sítě pro havarijní zapojení, je výpočet proudového zatížení jednotlivých vedení. Zatížení jednotlivých vedení v havarijním zapojení je důležité znát, aby nedošlo k přetížení vedení a tím jeho poškození. Druhým důvodem, proč je potřeba znát proudové poměry v havarijním zapojení sítě je selektivita nastavení ochran. Správné selektivní nastavení ochran zajistí, že bude vypnuta jen ta část ES, která by byla zasažena poruchou.

### 7.1 Havarijní napájení R Odry

V tabulkách 7-1,2,3,4,5 jsou hodnoty proudového zatížení jednotlivých vedení, důležitá pro posouzení havarijního zapojení rozvodny Odry. Hodnoty proudů v základním zapojení jsou ze zimního měření. Zatížení jednotlivých vedení v náhradním zapojení je pak součtem proudů uvažovaného zapojení soustavy dle obrázku 5-2.

číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{vyp}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
235	W12	13	187	300	1,4	nevyhovuje
144	W12	32	32	360	1	vyhovuje
143	W12	66	-	300	1,2	vyhovuje
891	W12	115	115	360	1,2	vyhovuje
241	W12	65	-	360	1,8	vyhovuje
255	W12	15	15	300	1,2	vyhovuje
113	W12	25	25	360	1	vyhovuje
281	W11	13	27	300	1,4	nevyhovuje
219	W11	26	26	360	1	vyhovuje
244	W11	1	1	360	1	vyhovuje
289	W11	15	-	300	1,8	vyhovuje

Tab. 7-1: Proudové zatížení vývodů R Odry 22 kV

číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{vyp}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
218	W12	25	91	360	1,4	vyhovuje
T102	W11	260	326	950	závislá charakter	vyhovuje

Tab. 7-2: Zatížení vývodů R Studénka 22 kV



číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{\text{vyp}}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
210	W12	19	59	400	1,4	vyhovuje
T101	W12	-	59	1755	1,5	vyhovuje

Tab. 7-3: Proudové zatížení vývodů R Nový Jičín 22 kV

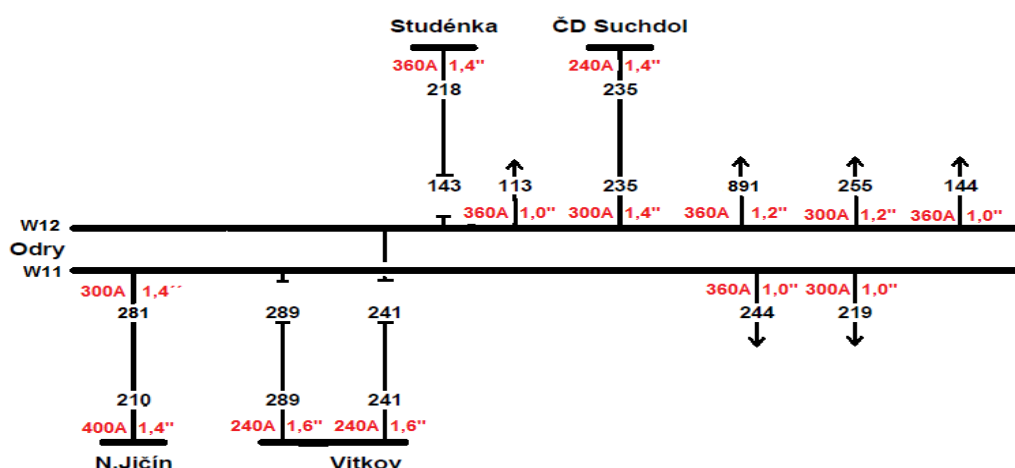
číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{\text{vyp}}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
235	W1	-	200	240	1,4	vyhovuje

Tab. 7-4: Proudové zatížení vývodů R ČD Suchdol 22 kV

číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{\text{vyp}}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
289	W22	-	15	240	1,6	vyhovuje
241	W22	-	65	240	1,6	vyhovuje
T102	W22	-	80	885	2,1	vyhovuje

Tab. 7-5: Proudové zatížení vývodů R Vítkov 22 kV

Z uvedených tabulek 7-1,2,3,4,5 vyplývá, že zátěžný proud jednotlivých vývodů je menší než vypínací proud  $I_{\text{vyp}}$  jednotlivých nadproudových ochran. Obrázek 7-1 znázorňuje zjednodušené schéma havarijního zapojení rozvodny Odry. Při zakreslení jednotlivých nastavení nadproudových ochran jsem zjistil, že v tomto případě by u některých vývodů nebyla nastavena správná selektivita. Proto u vývodů VN235 a VN281 je v tabulce 7-1 napsáno, že nastavení ochran nevyhovuje.



Obr. 7-1: Nastavení ochran v havarijním zapojení R Odry

## 7.2 Havarijní napájení R Nový Jičín

V tabulkách 7-6,7,8 jsou hodnoty proudového zatížení jednotlivých vedení, důležitá pro posouzení havarijního zapojení rozvodny Nový Jičín. Hodnoty proudů v základním zapojení jsou ze zimního měření. Zatížení jednotlivých vedení v náhradním zapojení je pak součtem proudů uvažovaného zapojení soustavy dle obrázku 5-4.

číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{vyp}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
239	W11	25	132,5	320	1,4	nevyhovuje
888	W11	78	78	300	1	vyhovuje
51	W11	40	-	300	1,2	vyhovuje
230	W11	225	225	360	1	vyhovuje
212	W11	48	132,5	320	1	vyhovuje
246	W12	68	68	320	1	vyhovuje
887	W12	41	41	300	1	vyhovuje
894	W12	19	19	300	1	vyhovuje
222	W12	11	22	360	1	vyhovuje
210	W12	19	139	400	1,4	nevyhovuje

Tab. 7-6: Zatížení vývodů R Nový Jičín 22 kV

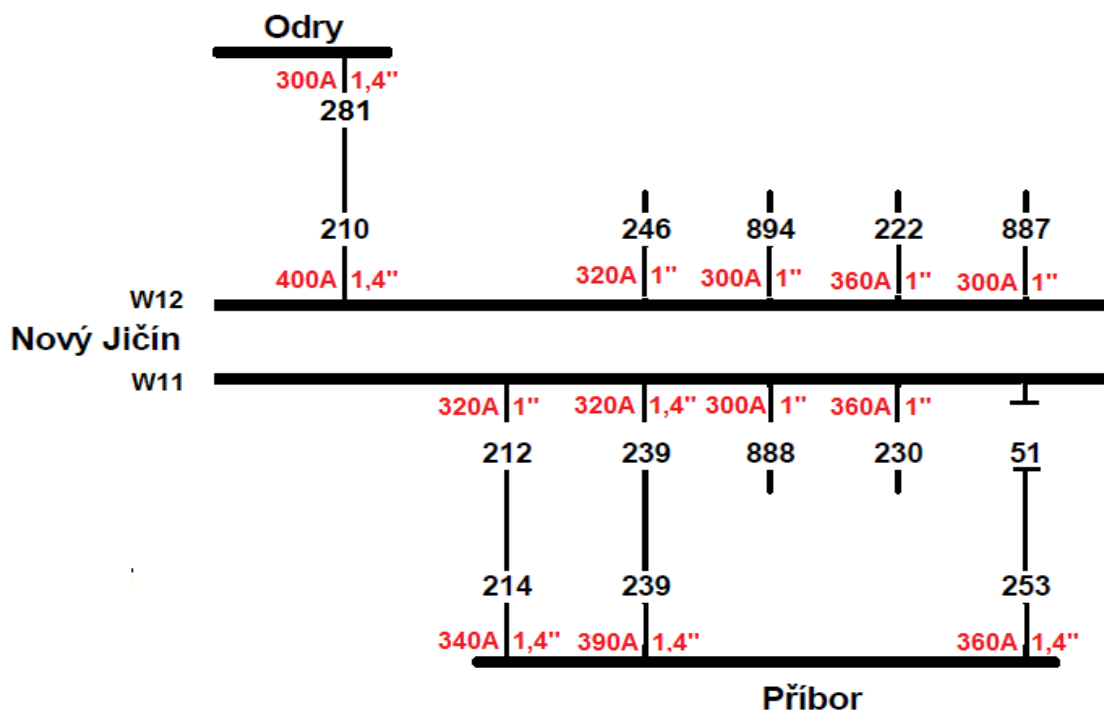
číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{vyp}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
281	W11	13	171	300	1,4	vyhovuje
T101	W11	-	172	840	2,1	vyhovuje

Tab. 7-7: Zatížení vývodů R Odry 22 kV

číslo vedení VN	označení přípojnice	zatížení v zálk. zapojení [A]	zatížení v náhrad. zapojení [A]	vypínací proud $I_{vyp}$ [A]	čas vypnutí [s]	nastavení ochran
214	W1	14	176	340	1,4	vyhovuje
239	W1	-	176	390	1,4	vyhovuje
253	W1	42	82	360	1,4	vyhovuje
T102	W1	-	434	1755	2,2	vyhovuje

Tab. 7-8: Zatížení vývodů R Příbor 22 kV

Z uvedených tabulek 7-6,7,8 vyplývá, že zátěžný proud jednotlivých vývodů je menší než vypínací proud  $I_{\text{vyp}}$  jednotlivých nadproudových ochran. Obrázek 7-2 znázorňuje zjednodušené schéma havarijního zapojení rozvodny Nový Jičín. Při zakreslení jednotlivých nastavení nadproudových ochran jsem zjistil, že v tomto případě by u některých vývodů nebyla nastavena správná selektivita. Proto u vývodů VN239 a VN210 je v tabulce 7-6 napsáno, že nastavení ochran nevyhovuje.



Obr. 7-1: Nastavení ochran v havarijním zapojení R Nový Jičín

## **8 Vliv rozptýlené výroby v síti 22kV v době havarijního stavu**

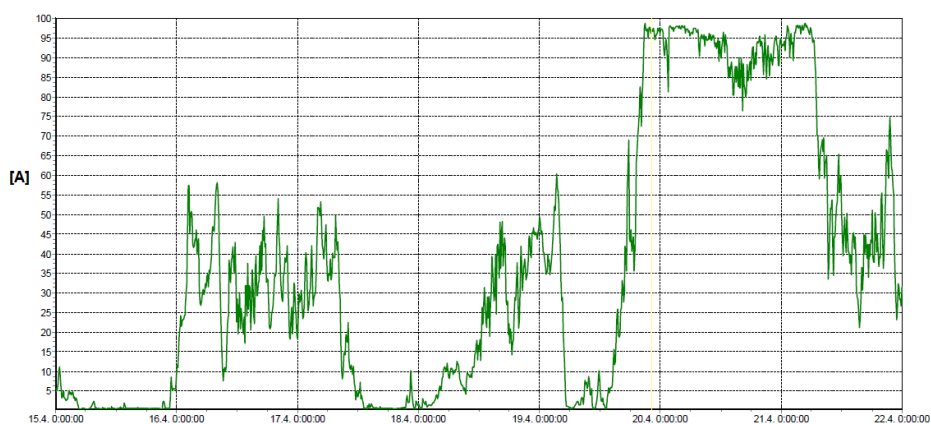
Rozptýlená výroba se týká lokální výroby elektrické energie a v případě kogeneračního systému i tepla pro průmyslovou výrobu nebo prostorové vytápění apod.. Jsou to zdroje především malých výkonů rozmístěné po určitém prostor připojené k distribuční síti vn a nn. Výrobu zajišťují většinou obnovitelné zdroje energie. Mezi obnovitelné zdroje energie patří: vodní elektrárny, větrné elektrárny, fotovoltaické elektrárny a elektrárny spalující biomasu. Nárůst připojení obnovitelných zdrojů k distribuční síti a zvětšující se objem výroby z těchto zdrojů je způsoben především ekologickým závazkem České republiky o zvýšení podílu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

### **8.1 Vodní elektrárny**

Protékající voda roztáčí turbínu, která je připojena na společné hřídeli s elektrickým generátorem. Generátor dohromady s turbínou tvoří turbogenerátor. Velké vodní elektrárny pracují se synchronními generátory a malé vodní elektrárny používají asynchronní generátory. V oblasti Novojičína je jen jedna vodní elektrárna, která je připojena k distribuční síti vn. Důvodů takto malého počtu vodních elektráren v oblasti je několik. Především je to nízká cena výkupu el.energie, množství vodních toků a jejich spád, náročnost při získání povolení k výstavbě atd. Jediná malá vodní elektrárna na Novojičínsku je v katastru obce Mankovice o výkonu 100 kW připojená do sítě 22 kV VN281 z rozvodny Odry.

### **8.2 Větrné elektrárny**

Aerodynamické síly působí na listy rotoru, které převádějí větrnou energii na mechanickou energii. Mechanická energie je pomocí generátoru převáděna na energii elektrickou. Větrné elektrárny pracují s asynchronními nebo se synchronními motory. Na Novojičínsku je připojena k distribuční síti vn jen jedna větrná elektrárna VESTAS typ V90 o výkonu 2×2000 kW. Nachází se v katastru obce Veselí u Oder. Je připojena do sítě 22 kV VN255 z rozvodny Odry. Jak lze vidět z obrázku 8-1 v období sedmi kalendářních dnů, výroba větrné elektrárny je závislá na síle větru, který není zcela pravidelný.

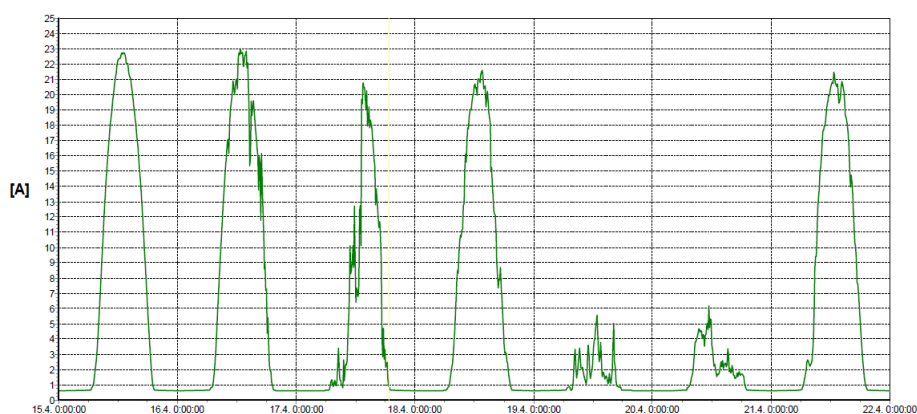


*Obr. 8-1: Výroba VTE – Veselí 2×2000 kW*

### 8.3 Fotovoltaické elektrárny

Sluneční záření se přeměňuje na elektrickou energii ve fotovoltaických elektrárnách, složených z fotovoltaických panelů. Na povrch solárního panelu, (stejně jako na všechno ostatní na zemském povrchu) dopadají částice světla zvané fotony. Při jejich nárazu dochází k uvolňování elektronů, a tak vzniká stejnosměrný elektrický proud. Abychom mohli připojit elektrárnu k síti, použijeme elektronické střídače. Na Novojičínsku je mnoho fotovoltaických elektráren připojených k distribuční síti nn a vn, díky masivní podpoře výstavby a výkupní ceně ze strany České republiky.

Instalovaný výkon zdrojů připojených k síti vn je různý do 100 kW, do 1000 kW i vyšší. Největší taková to elektrárna je ve Starojické Lhotě o instalovaném el.výkonu 1100 kW připojená do sítě 22 kV VN51 z rozvodny Nový Jičín. Obrázek 8-2 znázorňuje výrobu el.energie FVE v období sedmi kalendářních dnů. Kolísavost výroby je dána intenzitou slunečního osvětlení.



*Obr. 8-2: Výroba FVE – Starojická Lhota 1100 kW*

## 8.4 Kogenerační jednotky

Jednotky využívají současné výroby elektrické energie a tepla z jednoho primárního zdroje. Kogenerační jednotka je spalovací motor s elektrickým generátorem přizpůsobený ke spalování bioplynu. Vzniklé teplo z chlazení motoru lze využít zejména k vytápění obytných budov, průmyslových a zemědělských areálů, apod. Pro výrobu elektrické energie se používají především synchronní generátory. V oblasti Novojičínska postupně narůstá podíl bioplynových elektráren připojených k síti vn. Je to dáno především výkupní cenou elektrické energie z těchto zdrojů a podpoře finančních nákladů na výstavbu bioplynových stanic Českou republikou a Evropskou unií. Seznam bioplynových stanic na Novojičínsku: Jeseník nad Odrou instalovaný el.výkon 1189 kW připojená do sítě vn 22 kV VN210 z rozvodny Odry, Suchdol nad Odrou inst.el.výkon 590 kW připojená do sítě vn 22 kV VN1230 z rozvodny Kletné, Jičina inst.el.výkon 760 kW připojená do sítě vn 22 kV VN51 z rozvodny Nový Jičín a Velké Albrechtice s instalovaným el.výkonem 860+900 kW připojená do sítě vn 22 kV VN04 z rozvodny Studénka a Pustějov s inst.el.výkon 1680 kW připojená do sítě vn 22 kV VN214 z rozvodny Příbor. Obrázek 8-3 znázorňuje výrobu el.energie KGJ v období sedmi kalendářních dnů. Výroba je téměř pravidelná.



*Obr. 8-3: Výroba KGJ – Jeseník nad Odrou 1189 kW*

## 8.5 Rozptýlená výroba v síti 22kV v době havarijního stavu

Výroba elektrické energie z rozptýlených zdrojů uzlu Nový Jičín a Odry v sítích 22 kV je prováděná z obnovitelných zdrojů energie. Výroba této energie je závislá na slunci, větru, vodě, tedy na přírodě a té poručit nelze. V případě náhradního napájení rozveden po sítích vn 22 kV z důvodu ztráty napájení ze strany 110 kV s těmito obnovitelnými zdroji el.energie jako pomoc pro zlepšení kvality dodávek el.energie příliš nelze počítat. Jistou stálost v dodávkách el.energie má výroby z kogeneračních jednotek a vodních elektráren. Z obrázků 8-1,2 je zřejmé, že dodávaný výkon

z výroben obnovitelných zdrojů VTE a FVE není zcela pravidelný, naopak je tomu u výroby z KGJ na obrázku 8-3. Další věcí je, že při ztrátě napájení ze strany 110 kV dojde ke ztrátě napájení těchto zdrojů a zdroje se odpojí od sítě.

Opětovné připojení zdroje k síti probíhá až po obnově napájení distribuční soustavy a souhlasu provozovatele distribuční soustavy (dispečerem) se znovupřipojením zdroje k síti. Tedy až po té, co by provozovateli distribuční soustavy tyto zdroje mohly pomoci ke zlepšení kvality dodávaného výkonu a napětí v postižené oblasti. V tabulce 8-1 je seznam výroben rozptýlených zdrojů s hodnotou instalovaného výkonu, číslem vedení a do kterého uzlu by případná výrobná byla připojena při havarijním zapojení rozveden Odry nebo Nový Jičín.

Havarijní napájení R ODRY				Havarijní napájení R NOJI			
číslo vedení VN	typ zdroje	připojení do	instalovaný výkon $P_i$ [W]	číslo vedení VN	typ zdroje	připojení do	instalovaný výkon $P_i$ [W]
255	VTE	ODRY W12	2×2000	51	KGJ	PRIR W1	780
235	FVE	SDCD W1	100	51	FVE	PRIR W1	1100
241	KGJ	VITK W22	990	253	FVE	PRIR W1	900
289	FVE	VITK W22	70	214	KGJ	PRIR W1	1600
281	KGJ	NOJI W12	999	212	FVE	PRIR W1	390
281	FVE	NOJI W12	100	246	FVE	NOJI W12	1190
281	MVE	NOJI W12	100	894	FVE	NOJI W12	100
				281	KGJ	ODRY W11	999
				281	FVE	ODRY W11	100
				281	MVE	ODRY W11	100

Tab. 8-1: Rozptýlená výroba v síti 22 kV

## 9 Závěr

Závěrem lze říct, že rozvodny Nový Jičín a Odry lze samostatně napájet i po ztrátě napájení ze strany 110 kV po distribučním vedení 22 kV. Jsou zde ale jistá omezení.

Při napájení rozvodny Odry po hladině VN 22 kV nelze zajistit spolehlivou dodávku elektrické energie pro velkého průmyslového odběratele firmy Optimit, napájeného z přípojnice W12 po vedení VN235 rozvodny ČD Suchdol. Jedná se o odběratele v trafostanici NJ\_9255 Optimit na vedení VN891. Odebíraný proud tohoto odběratele je přes 100 A. Proto, aby bylo možné docílit lepší kvality napětí většině odběratelů v distribuční síti 22/04 kV, je nutné, aby tento odběratel snížil hodnotu odebíraného výkonu na hodnotu bezpečnostního minima. Jak jsem napsal v závěru kapitoly 7.1, časové nastavení ochran VN235 a VN281 nesplňuje podmínky selektivity. Při krátkodobém trvání havarijního stavu toto odstupňování nastavení ochran nevádí. Pokud by havarijní napájení rozvodny mělo trvat i několik dnů, je potřeba ochrany v rozvodně Odry znovu správně nastavit.

Obdobný postup je i při napájení rozvodny Nový Jičín po hladině VN 22 kV. I rozvodna Nový Jičín má svého velkého odběratele el.energie. Jedná se o průmyslového odběratele v trafostanici NJ\_9416 Visteon-Autopal na vedení VN230 připojené k přípojnici W11. Odebíraný proud tohoto odběratele je přes 200 A. Tomuto odběrateli nelze zcela spolehlivě dodávat elektrickou energii a proto je nutné, aby tento odběratel snížil hodnotu odebíraného výkonu na hodnotu bezpečnostního minima.

Tím dojde i ke zlepšení kvality napětí pro většinu odběratelů v distribuční síti 22/04 kV Nového Jičína.

Dále je potřeba upozornit na paralelní provoz vedení VN239 a VN214, který je nezbytný, pro napájení přípojnice W11 v Novém Jičíně. Pokud by došlo k poruše na jednom z vedení, je zde velká pravděpodobnost poškození i druhého vedení vlivem dynamických účinků proudu při jeho okamžitém nárůstu. Obnova dodávky el.energie do těchto vedení a následně přípojnice W11 Nového Jičína, by závisela na rozsahu poškození vedení a době jeho opravy. Napsal jsem v kapitole 7.2, že nastavení ochran při havarijním zapojení rozvodny Nový Jičín na vývodech VN239 a VN210 není selektivní. Zde je potřeba postupovat stejně jako u rozvodny Odry. Pokud by havarijní napájení rozvodny mělo trvat i několik dnů, je potřeba ochrany v rozvodně Nový Jičín nastavit správně.



## Seznam použité literatury

- [1] Pravidla provozování distribučních soustav [on-line]. PPDS 2012. Dostupné z [www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds.html](http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds.html)
- [2] Kodex přenosové soustavy [on-line].  
Dostupné z [www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Stranky/default.aspx](http://www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Stranky/default.aspx)
- [3] Zákon 458/2000 Sb. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)  
Dostupné z <http://portal.gov.cz/app/zakony/?path=/portal/obcan/>
- [4] Hradílek Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí, skripta VŠB-TU Ostrava 2008
- [5] Krejčí P.: Cvičení z elektroenergetiky, skripta VŠB-TU Ostrava 2003
- [6] Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, VŠB Ostrava 1993
- [7] Toman, P. a kol.: Provoz distribučních soustav, ČVUT Praha 2011, ISBN 978-80-01-04935-8
- [8] Tlustý, J. a kol.: Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav, ČVUT Praha 2011, ISBN 978-80-01-04940-2
- [9] Tlustý, J. a kol.: Návrh a rozvoj elektroenergetických sítí, ČVUT Praha 2011, ISBN 978-80-01-04939-6
- [10] ČSN 33 2000-5-52 Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení
- [11] ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- [12] ČSN EN 50 160 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [13] Kvalita dodávky elektrické energie  
Dostupné z <http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/MR-kvalitaE-flickr.pdf>
- [14] Stabilita elektrizační soustavy  
Dostupné z <http://www.vesmir.cz/clanek/stabilita-elektrizacni-soustavy> a [http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f\\_studium.htm](http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f_studium.htm)
- [15] Výpočet střídavých sítí VN a NN – studijní materiály  
Dostupné z [http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f\\_studium.htm](http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f_studium.htm)

## Seznam obrázků

Obr. 2-1: Schéma sítě IT .....	4
Obr. 2-2: Schéma sítě TN-C.....	4
Obr. 2-3: Ukázka kabelového vedení .....	5
Obr. 2-4: Ukázka venkovního vedení.....	5
Obr. 2-5: Schéma paprskové sítě.....	6
Obr. 2-6: Schéma okružní sítě.....	7
Obr. 2-7: Schéma mřížové sítě.....	8
Obr. 2-8: Uspořádání elektrizační soustavy .....	8
Obr. 3-1: Fázorový diagram mezi dvěma soustavami.....	16
Obr. 3-2: Stabilita soustavy .....	16
Obr. 5-1: Schéma zapojení 110 kV .....	26
Obr. 5-2: Schéma náhradního zapojení rozvodny Odry 22 kV .....	29
Obr. 5-3: Schéma náhradního zapojení rozvodny Nový Jičín 22 kV .....	31
Obr. 6-1: Schéma zatížení vývodů 22 kV R Odry .....	32
Obr. 6-2: Schéma zatížení vývodů 22 kV R Nový Jičín .....	32
Obr. 6-3: Schéma zjednodušeného vedení .....	33
Obr. 6-4: Náhradní schéma VN235.....	35
Obr. 6-5: Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV.....	36
Obr. 6-6: Poklesy napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV.....	37
Obr. 7-1: Nastavení ochran v havarijním zapojení R Odry.....	39
Obr. 8-1: Výroba VTE – Veselí 2×2000 kW .....	43
Obr. 8-2: Výroba FVE – Starojická Lhota 1100 kW .....	43
Obr. 8-3: Výroba KGJ – Jesení nad Odrou 1189 kW .....	44

## Seznam tabulek

Tab. 6-1: Parametry vedení 22 kV .....	34
Tab. 6-2: Proudové zatížení při havarijním napájení R Odry 22 kV .....	34
Tab. 6-3: Úbytky napětí při havarijním napájení R Odry 22 kV .....	35
Tab. 6-4: Proudové zatížení při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV .....	36
Tab. 6-5: Úbytky napětí při havarijním napájení R Nový Jičín 22 kV .....	37
Tab. 7-1: Proudové zatížení vývodů R Odry 22 kV .....	38
Tab. 7-2: Zatížení vývodů R Studénka 22 kV .....	38
Tab. 7-3: Proudové zatížení vývodů R Nový Jičín 22 kV .....	39
Tab. 7-4: Proudové zatížení vývodů R ČD Suchdol 22 kV .....	39
Tab. 7-5: Proudové zatížení vývodů R Vítkov 22 kV .....	39
Tab. 7-6: Zatížení vývodů R Nový Jičín 22 kV .....	40
Tab. 7-7: Zatížení vývodů R Odry 22 kV .....	40
Tab. 7-8: Zatížení vývodů R Příbor 22 kV .....	40
Tab. 8-1: Rozptýlená výroba v síti 22 kV .....	45

## Seznam příloh

- I. Štít 22 kV Nový Jičín / *příloha na CD*
- II. Rozvodna Odry 110/22 kV / *příloha na CD*
- III. Rozvodna Nový Jičín 110/22 kV / *příloha na CD*